06(49.3) B1
cv

FOR THE PEOPLE
FOR EDVCATION
FOR SCIENCE

LIBRARY
OF
THE AMERICAN MUSEUM
OF
NATURAL HISTORY

Bound at
A.M.N.H.
1922

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES.

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. cath., c. IV.

DEUXIÈME SÉRIE

TOME I. — JANVIER 1892

(SEIZIÈME ANNÉE ; TOME XXXI DE LA COLLECTION)

BRUXELLES

SOCIÉTÉ BELGE DE LIBRAIRIE

SOCIÉTÉ ANONYME (**Ancienne Maison Goemaere**)

16, RUE TREURENBERG, 16

1892

21-85395 Eng. 5

LA

SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES [1]

La *Société scientifique de Bruxelles* est née de l'observation de ces deux faits : l'impression profonde que les découvertes de la science moderne exercent sur les intelligences, même les moins cultivées, et le profit déplorable que tirent de là les ennemis de la foi pour démolir les croyances religieuses.

On ne peut le nier : ces découvertes étonnantes et rapides, les applications qu'on en a faites au bien-être matériel des nations, produisent sur les hommes une sorte d'éblouissement. Tout le monde veut se dire initié à ce grand mouvement ; on craint de paraître arriéré ; le savant devient une sorte d'oracle dont les moindres paroles ont une haute autorité.

Or, c'est un thème favori chez nos adversaires que l'Église, que la religion en général est un obstacle au progrès de la science. On ne va plus guère jusqu'à contester

(1) Rapport présenté, le 9 septembre 1891, à la 5e section du Congrès de Malines, par M. Ph. Gilbert, professeur à l'Université de Louvain, correspondant de l'Institut (Académie des sciences).

la valeur de l'enseignement catholique : les admirables résultats atteints par les Frères des Écoles chrétiennes dans l'enseignement primaire ; dans l'enseignement moyen, les succès obtenus par les Collèges épiscopaux, par les Séminaires, par les excellents établissements des Jésuites et d'autres ordres religieux, la confiance des familles qui va de plus en plus à eux, sont des faits qu'il faut bien accepter. Et quant à l'enseignement supérieur, l'Université de Louvain, cette grande création de l'Épiscopat belge, qui a exercé une si profonde influence sur les destinées de la patrie ; les Facultés catholiques de France si distinguées par leur personnel, la jeune Université de Fribourg, sont là pour prouver que l'inspiration chrétienne peut animer d'un souffle puissant l'enseignement le plus élevé, et que ses écoles seraient sans rivales si des persécutions mesquines ici, là des entraves fiscales surannées ne venaient trop souvent enchaîner leur essor.

La valeur, l'efficacité de l'enseignement donné sous les auspices de l'Église est donc reconnue par les meilleurs esprits, même dans le camp adverse ; mais l'objection se réfugie ailleurs. « Autre chose, dit-elle, est de conserver les vérités acquises et de les dispenser avec succès aux jeunes générations ; autre chose est le progrès, la marche en avant, l'invention proprement dite. Ici l'immutabilité du dogme, la timidité qui craint de se heurter aux barrières que la foi dresse à chaque pas, créent une atmosphère d'assoupissement. Le croyant peut bien garder le trésor des connaissances admises ; il n'est pas apte à le grossir. »

Ceux qui parlent ainsi oublient que les plus grandioses constructions de l'édifice scientifique sont l'œuvre de ces croyants dédaignés ; mais enfin, pour confondre cette prétention de réserver à la libre-pensée seule la puissance d'élargir le domaine de nos connaissances, le moyen le plus efficace, se sont dit les fondateurs de la *Société scientifique,* c'est de grouper, sans autre raison de ce groupe-

ment que la communauté des aspirations religieuses, tous les hommes, à quelque nation qu'ils appartiennent, qui ayant consacré les forces d'une intelligence élevée au progrès des sciences de la nature, se font un honneur de garder intactes leurs convictions chrétiennes. La seule réunion de ces noms respectés dans la science, affirmant avec simplicité, par leur adhésion, leurs croyances religieuses, serait déjà une réfutation du préjugé signalé plus haut; leurs travaux scientifiques, ceux que leur exemple et leur inspiration provoqueraient dans la jeunesse catholique et laborieuse, prouveraient mieux encore que le génie chrétien n'est pas l'antagoniste du progrès dans l'étude de la nature. Ce serait comme une couronne glorieuse déposée par des savants chrétiens sur l'autel de leurs convictions religieuses.

Mais on pouvait se proposer un autre moyen, plus direct sinon plus efficace, de faire servir cette union de savants catholiques à la lutte contre l'irréligion : c'était la création d'une *Revue* de haute vulgarisation scientifique où, d'une part, les découvertes nouvelles seraient offertes à toutes les intelligences cultivées, par des écrivains spécialistes, parfois même par les auteurs de ces découvertes; où, d'autre part, les questions controversées dans lesquelles l'étude de la nature sert de prétexte à des attaques contre les livres saints ou les doctrines spiritualistes, seraient traitées avec franchise, compétence, autorité.

Personne n'ignore, en effet, que c'est là, dans notre siècle, le champ de bataille favori de la libre-pensée. Un os ramassé dans une caverne servira à démontrer la fausseté de la chronologie biblique ou l'état bestial de l'humanité primitive; l'étude du cerveau favorisera les théories matérialistes, et le système de Darwin sera invoqué en faveur de l'athéisme; celui-ci, résumant et dénaturant l'histoire des rapports de la foi et des doctrines scientifiques, conclura à un perpétuel et inévitable conflit; celui-là ira chercher dans le procès de Galilée une arme

cent fois ébréchée contre l'autorité de l'Église. La géologie, l'astronomie, l'ethnographie, la linguistique serviront ainsi tour à tour d'instruments pour atteindre un but toujours le même : saper dans les âmes peu éclairées les fondements de la croyance religieuse.

Que valent le plus souvent ces objections? Ceux-là le savent qui ont passé leur vie à défricher péniblement un coin du domaine infini de la science, et ont appris ainsi combien il est difficile de contrôler par soi-même avec sécurité des affirmations portant sur toutes les branches du savoir humain. Mais le gros public accepte tout, croit tout : on parle au nom de la science, cela suffit. Ce n'est pas dans la soumission éclairée des catholiques, c'est dans la docilité de la foule aux assertions tranchantes de ces savants de hasard que l'on rencontre les plus beaux exemples d'une foi aveugle!

Pourtant, il y a là pour les esprits peu éclairés un danger auquel remédient imparfaitement les réfutations un peu légères de la presse quotidienne. On se porte avec plus de bonne volonté que de préparation au-devant de l'ennemi; on ne réfléchit pas assez qu'un argument inepte en faveur de la religion fait plus de mal aux intelligences droites que dix objections contre elle. De là l'utilité d'une Revue sérieuse, où la polémique catholique rencontrerait un arsenal d'armes de bon aloi, où les esprits de bonne foi trouveraient à s'éclairer sur les questions délicates et obscures sans craindre le charlatanisme scientifique.

Ce fut en 1875 qu'un certain nombre d'hommes, pénétrés des idées que nous venons d'exposer, se réunirent à Bruxelles et jetèrent les bases de l'association qui devait en être l'expression publique et active.

Voyons comment ils réalisèrent leur pensée.

II

La Providence semblait leur avoir réservé l'homme le plus parfaitement préparé qu'on pût rêver pour mener avec succès une entreprise si nouvelle. J'ai nommé le R. P. Carbonnelle, ce prêtre éminent qui a laissé une trace si profonde dans l'intelligence et dans le cœur de ceux qui l'ont connu, le vrai fondateur de la Société Scientifique de Bruxelles, dont il est resté pendant quatorze ans le secrétaire-général, le moteur et l'inspirateur.

Animé d'une passion vraie pour le progrès scientifique et d'un zèle ardent pour la défense de l'Église; alliant une liberté de penser qui allait jusqu'à la hardiesse avec une soumission absolue à l'autorité religieuse; dégagé de toute ambition pour lui-même et n'en admettant pas davantage chez les autres; d'une franchise et d'une cordialité qui séduisaient de prime abord; doué d'une volonté de fer, d'une activité infatigable, d'une intelligence hors ligne, qui s'appliquait avec un égal succès aux mathématiques, à la littérature, à la philosophie; comprenant et parlant plusieurs langues; écrivain solide, nerveux et mordant; préparé, par la rédaction d'un journal anglais à Calcutta et celle des *Études religieuses* à Paris, à l'organisation des publications scientifiques, le P. Carbonnelle était vraiment l'homme prédestiné pour cette œuvre, et l'on peut dire qu'il s'y est dévoué jusqu'à la mort.

Sous son impulsion, des adhésions nombreuses, rapides, significatives furent recueillies de tous côtés, et l'on vit les noms les plus illustres de l'Institut de France, de l'Académie de Belgique, etc., à côté de noms patriciens bien connus pour la protection éclairée qu'ils accordent aux sciences; les noms d'illustres évêques belges et étrangers à côté de ceux d'humbles curés de campagne, qui apportaient leur obole quand ils ne pouvaient donner davantage. Les statuts de la Société furent votés et ratifiés dans une

assemblée générale où le premier Président élu, l'éminent Dr Lefebvre, dans un inoubliable discours, traça la ligne à suivre, le programme de la Société, les devoirs de ses membres.

Un conseil de vingt membres élus par la Société fut chargé d'administrer celle-ci. Au premier des deux buts signalés plus haut il fut pourvu par l'institution d'un volume annuel d'*Annales de la Société scientifique,* renfermant les procès-verbaux des séances, les résumés des conférences, et surtout les *Mémoires* dus à l'activité des sociétaires. Le XIVe volume de cette publication a paru, le XVe est en préparation. Ces Annales jouissent dans le monde scientifique d'une juste considération ; les travaux qu'elles renferment ont été souvent cités dans les discussions des premiers corps savants ou dans les ouvrages de maîtres illustres ; plusieurs des mémoires qui y ont paru avaient été d'abord l'objet de rapports élogieux à l'Institut de France, et ce fait s'est encore produit tout récemment à propos d'un beau travail d'un savant professeur de la Faculté catholique de Lyon.

La publication des Annales n'est pas le seul service que la Société scientifique ait rendu à la science pure. Depuis 1878, elle a institué des concours dont le sujet est proposé, à tour de rôle, par chacune des cinq sections dont elle se compose. Les prix sont de cinq cents francs et peuvent être majorés ; une médaille y est jointe, vrai bijou artistique dû au talent inspiré de M. le baron Béthune. Déjà le Conseil a eu la satisfaction de couronner un excellent travail de zoologie de M. l'abbé Smets, et nous comptons qu'un semblable plaisir lui sera encore donné prochainement.

Chose peut-être plus utile encore : la Société accorde des subsides aux savants qui, poursuivant une recherche déterminée, se verraient arrêtés par les dépenses qu'elle entraîne ; à ceux qui entreprennent une publication utile et coûteuse, un voyage scientifique lointain. Les résultats

obtenus dans cette voie sont des plus heureux et des plus encourageants.

La Société scientifique de Bruxelles n'a pas réalisé avec moins de succès la deuxième partie de son programme. La *Revue des questions scientifiques,* inaugurée en 1877, forme dès aujourd'hui un recueil de trente volumes compacts, et s'est placée dès l'abord à côté des publications les plus estimées dans le même genre, telles que la *Revue des questions historiques.* Tous les sujets qui, dans le domaine des sciences proprement dites, confinent à la religion ou à la philosophie spiritualiste : rapports de la Bible avec la géologie, la paléontologie ou l'ethnographie, hypothèses cosmogoniques, doctrines évolutionnistes, théories matérialistes, attitude de l'Église catholique dans les questions scientifiques controversées, tous ces sujets ont été élucidés par la plume d'écrivains faisant autorité. Un grand nombre d'autres articles tiennent les lecteurs au courant des progrès de la science pure et de ses applications ; une bibliographie sérieuse, embrassant le domaine entier des sciences physiques et naturelles, et une revue des recueils périodiques complètent cet ensemble.

Un but aussi noble, aussi heureusement poursuivi, ne pouvait manquer d'attirer sur la Société scientifique de Bruxelles l'attention bienveillante des chefs de l'Église. A diverses reprises, les suffrages et les encouragements de l'épiscopat ont récompensé ses efforts ; le Pape Pie IX lui a témoigné sa haute satisfaction, et le Souverain Pontife Léon XIII, dans un bref de janvier 1879, a daigné lui envoyer ses félicitations et ses conseils.

La Société, d'ailleurs, répond à la confiance de ses vénérables patrons par son ferme attachement aux doctrines catholiques. Non seulement elle a pris pour devise les paroles du Concile du Vatican : *Nulla unquam inter fidem et rationem vera dissensio esse potest ;* non seulement elle s'est interdit de modifier jamais l'article des

statuts qui proscrit toute attaque à la religion catholique, mais encore, dans une assemblée récente, elle a tenu à exprimer publiquement son adhésion explicite aux enseignements de l'Encyclique *Aeterni Patris* et aux principes philosophiques de saint Thomas d'Aquin.

En 1889, une crise grave menaça l'existence de la Société scientifique. Son éminent secrétaire général lui fut enlevé de la manière la plus rapide et la plus inattendue, et telle était la place que tenait le P. Carbonnelle dans la Société, qu'on put croire un instant que sa mort serait la perte de cette excellente institution.

Heureusement, grâce à la vitalité de celle-ci, grâce au zèle du Président en exercice, M. G. Lemoine, qui n'hésita pas à faire à diverses reprises le voyage de Paris à Bruxelles pour présider les réunions du Conseil ; grâce surtout au dévouement d'un des membres les plus anciens et les plus actifs de la Société, M. P. Mansion, qui n'hésita pas à joindre à des occupations déjà excessives le travail considérable que réclament les fonctions de secrétaire, et qui s'acquitte de ces fonctions avec un zèle et un talent au-dessus de tout éloge, cette passe difficile a été franchie et les travaux de la Société scientifique ont continué leur cours.

III

Tel est le passé de la Société scientifique de Bruxelles. Que cette association réponde à un véritable besoin de notre temps, c'est ce dont personne ne peut douter. Les considérations qui ouvrent ce rapport le prouvent, et mieux encore, le succès que la Société a obtenu, l'élan qu'elle a imprimé ; car il n'est pas difficile de reconnaître que le Congrès scientifique international des catholiques, qui a déjà tenu deux sessions brillantes à Paris, doit en partie son origine à la confiance inspirée par la réussite exceptionnelle de la Société scientifique de Bruxelles, dans laquelle il trouvera toujours un concours actif et énergique.

Est-ce à dire que tout soit parfait et qu'il n'y ait plus rien à désirer? Conclure ainsi serait ne pas connaître la marche des choses humaines. C'est le moment, au contraire, d'appeler sur la Société scientifique de Bruxelles l'attention des catholiques, la faveur du corps épiscopal, le concours des ordres religieux et du clergé. Par suite de circonstances trop faciles à démêler, la mort de beaucoup de membres, les charges imposées à la générosité chrétienne par la lutte de tous les jours, le nombre des membres de la Société et des abonnés à la *Revue*, tantôt reste stationnaire, tantôt fléchit sensiblement. Et cependant, il est impossible que la Société remplisse la mission qu'elle s'est donnée si elle n'est assurée de ressources suffisantes et même abondantes!

D'autre part, une certaine inertie, des préjugés inexplicables, tiennent encore éloignés de la Société bien des hommes, des prêtres même, que leurs sentiments religieux connus et leur haute position dans le monde scientifique appellent évidemment à prendre part à ses travaux et à lui apporter l'appoint de leurs noms.

Aux uns comme aux autres, en terminant cet exposé, nous nous permettrons de signaler l'appel pressant et si bien motivé que leur adressait M. Mansion dans son rapport de 1890, et de leur répéter nos paroles d'autrefois : « Pour les catholiques, c'est un devoir de prouver qu'ils sont savants; pour les savants, c'est un devoir d'oser montrer qu'ils sont catholiques! »

MICROBES ET HYGIÈNE

LA PROPHYLAXIE DES MALADIES INFECTIEUSES

Dans nos précédents articles (1) nous avons adopté une classification des microbes et qui, si elle n'est pas absolument scientifique, offre l'avantage d'être très simple. Nous les avons divisés en quatre classes :

1° Les *microcoques*, ayant une forme sphérique ou ovalaire, se multipliant par division et dépourvus de mouvements spontanés ;

2° Les *bacilles*, ayant la forme de bâtonnets, se multipliant soit par division, soit par spores, et étant souvent doués de mouvements plus ou moins actifs ;

3° Les *spirilles*, dont le type est représenté par un filament contourné en spirale, qui produit, en se multipliant, des éléments semblables ; la plupart du temps ces spirilles sont mobiles ;

4° Les *microbes pléomorphes*, ayant des formes de crois-

(1) *Microbes et hygiène : Des microbes en général*, Rev. des quest. scient., octobre 1891 ; — *Les Microbes et la découverte du Dr Koch*, Rev. des quest. scient., janvier 1891.

sance variables, qui revêtent, dans le cours de leur existence, un grand nombre de formes variées.

Nous avons dit dans ces mêmes travaux que les différentes espèces de microbes se distinguent par leur forme, mais surtout par leur mode de culture et par leurs propriétés biologiques (infection pathologique et inoculation expérimentale).

Nous voudrions aujourd'hui étudier les moyens dont nous disposons pour nous mettre à l'abri de l'action des microbes les plus connus qui menacent l'habitant de nos régions; nous laisserons de côté ceux qui ne manifestent leur présence que dans d'autres climats, ainsi que ceux dont la microbiologie n'a pas encore bien établi l'existence. Nous nous proposons donc de passer successivement en revue les microbes de la suppuration, de l'érysipèle, des affections puerpérales, du tétanos, de la pneumonie, de la diphtérie, du typhus, du choléra, de la tuberculose, de la fièvre intermittente.

Microbes de la suppuration.

Lorsqu'une plaie a été produite, soit accidentellement, soit chirurgicalement, à la surface des téguments cutanés, elle peut se guérir par première intention ou à la suite d'une suppuration. La première terminaison est la plus favorable; elle consiste dans le recollement immédiat des lèvres de la plaie, sans que celle-ci soit le siège d'aucune inflammation. La seconde, tout en étant très souvent heureuse, présente toujours les dangers de la présence du pus sur un des points de l'organisme. Ces dangers peuvent se borner à l'inflammation locale du siège de la plaie, de telle sorte que celle-ci se guérira plus lentement et ordinairement moins régulièrement; ou bien ils intéressent tout l'organisme, qu'ils peuvent affaiblir considérablement par l'abondance de la suppuration, ou infecter par la pénétration des sécrétions microbiennes (ptomaïnes) dans le torrent circulatoire.

Il importe donc, chaque fois qu'il existe une plaie à la

surface du corps humain, de chercher à obtenir une réunion par première intention et de prévenir la production de la suppuration. Cette nécessité est particulièrement urgente lorsque la plaie est profonde et qu'elle intéresse les grandes cavités qui renferment les organes essentiels à la vie : tel est le cas des plaies considérables des membres (accidents graves, amputations, résections, etc.), et des plaies pénétrantes de l'abdomen, de la cavité thoracique (blessures ou opérations sérieuses).

Pendant longtemps toutes ces plaies furent tellement redoutables que le chirurgien renonçait souvent à intervenir pour ne pas mettre en danger les jours de son malade ; en cas d'accidents, il était presque tenté de renoncer à sauver les blessés, ou, tout au moins, à conserver des membres mutilés, parce que la suppuration était presque inévitable et compromettait gravement l'existence de l'organisme.

Nous verrons tantôt qu'il n'en est plus de même aujourd'hui, grâce aux découvertes de la microbiologie et aux applications pratiques des données fournies par cette science. On peut empêcher presque à coup sûr la suppuration, du moins dans toute plaie chirurgicale, parce que l'on connaît les causes de cette suppuration et que ces causes, étant connues, peuvent être évitées.

En effet, il est établi actuellement que, dans la très grande majorité des cas, la suppuration des plaies est exclusivement due à la pénétration de certains microbes par la surface béante de ces lésions. Il est bien vrai que quelques substances chimiques paraissent être douées de la propriété de provoquer la formation du pus ; mais ce ne sont que des cas très exceptionnels, et qui n'offrent guère qu'un intérêt purement expérimental.

On comprend l'importance qu'il y a à bien connaître les microbes de la suppuration, non seulement au point de vue chirurgical, puisque certaines opérations particulièrement graves ne peuvent être tentées que si on peut obte-

nir une réunion par première intention, mais aussi au point de vue hygiénique, puisque des premiers soins donnés à une blessure dépendra souvent la marche ultérieure des lésions traumatiques, et même parfois la vie du blessé.

La suppuration peut être produite par plusieurs espèces de microbes, appartenant tous à la classe des microcoques. Les plus importants sont le *Staphylococcus pyogenes aureus* et le *Streptococcus pyogenes*.

Le premier se présente sous forme de petites cellules, ayant un diamètre de moins d'un millième de millimètre, se groupant ordinairement par 2 ou 4, ou bien formant de petits amas offrant une certaine ressemblance avec une grappe de raisins, d'où son nom de *Staphylococcus* (coccus en grappe).

Le second a une forme également arrondie, mais son volume est un peu plus grand que celui du précédent. Ce qui est caractéristique pour lui, c'est sa tendance à se diviser dans une seule direction et à former des chaînes de 4, 5, 10 articles et quelquefois plus. Les chaînes sont parfois enchevêtrées et constituent alors d'élégants écheveaux. Le nom de *Streptococcus* vient de cette disposition (coccus en chapelet).

Le staphylococcus pyogenes aureus, qui est l'agent le plus fréquent de la suppuration, est extraordinairement répandu dans les milieux ambiants, ce qui est en rapport avec l'extrême fréquence de ce phénomène pathologique. Il peut très bien vivre et se multiplier en dehors de l'organisme. On a démontré sa présence dans les eaux ménagères, le sol, l'air atmosphérique, sur la peau, le long de la muqueuse respiratoire et digestive, dans la cavité buccale, sous l'extrémité des ongles des doigts.

Ce microbe a été trouvé dans une foule d'affections de nature purulente, spécialement dans les abcès, les furoncles, la pyémie, les panaris, les phlegmons, etc.

On l'a inoculé aux animaux et on a reproduit ainsi un

grand nombre d'affections identiques à celles qu'il provoque chez l'homme. Il a même été inoculé à l'homme sain. Cette inoculation a été faite par le Dr Gané sur lui-même : la friction de la peau avec une culture de ce microbe a donné lieu à la formation d'un énorme furoncle entouré d'une couronne de furoncles plus petits.

Bien qu'on n'ait jamais découvert de spores au staphylococcus pyogenes aureus, on a cependant constaté qu'il était doué d'une assez grande résistance. Pour le tuer, il faut une température de 110° à 120°; une chaleur de 80° et l'action de la vapeur d'eau en arrêtent la multiplication.

Comme désinfectant, il faut employer l'acide salicylique, l'acide phénique et le sublimé corrosif. L'iodoforme, dont on se sert encore sur une si grande échelle malgré l'odeur pénétrante et désagréable qu'il dégage, ne paraît pas avoir une grande efficacité.

Ces notions sur les microbes de la suppuration ont une importance pratique extrêmement grande. Au point de vue chirurgical, elles justifient et précisent l'utilité du pansement de Lister. On sait que ce chirurgien a posé une méthode rigoureuse pour les soins à donner avant, pendant et après une opération, afin d'éviter la suppuration et d'obtenir une réunion par première intention. Cette méthode a pour but essentiel d'empêcher les microbes pyogènes d'arriver en contact avec la plaie, en même temps que de tuer ceux qui auraient passé à travers les mailles du réseau de précautions imaginées par le chirurgien anglais. A cet effet, lorsqu'une opération va être pratiquée, il faut commencer par laver et désinfecter soigneusement la peau de la région malade, afin d'enlever toutes les bactéries qui peuvent s'y trouver ; en même temps les instruments, les éponges et en général tous les objets qui devront venir en contact avec la plaie, seront soumis à une désinfection minutieuse préalable et tremperont pendant toute la durée de l'opération dans une solution antiseptique (acide phénique, sublimé corrosif);

enfin le chirurgien ainsi que ses aides doivent prendre toutes les mesures propres à éloigner ou à tuer les microbes dont ils peuvent être porteurs : ils ont principalement pour devoir de se désinfecter les mains avec une minutie extraordinaire ; une attention toute particulière doit être donnée à enlever les souillures qui existent sous les ongles. On ne saurait attacher trop d'importance à cette désinfection des mains, dont l'étude a fait l'objet d'expériences nombreuses et variées. On en est arrivé généralement à recourir au procédé suivant : lavage prolongé pendant au moins cinq minutes, avec frictions énergiques à la brosse, dans de l'eau chaude savonneuse ; ensuite, lavage plus rapide dans l'alcool ; enfin, lavage prolongé avec friction dans une solution de sublimé (1 p. 1000). Une fois les mains désinfectées, le chirurgien doit éviter avec soin de toucher aucun objet extérieur, ni aucune personne qui ne serait pas dans les mêmes conditions que lui. Voilà pour les préparatifs de l'opération. Pendant l'opération, toutes les précautions doivent être prises pour éviter d'introduire dans la plaie aucun germe infectieux. A cet effet, on ne se servira dans les lavages nécessaires pour étancher le sang que de solutions antiseptiques ou d'eau distillée. Les éponges, linges et autres pièces qui sont utilisés doivent être également désinfectés avec le plus grand soin. Nulle personne qui n'a pas subi les lavages dont nous venons de parler, ne peut approcher du champ opératoire.

Après l'opération, il faut encore assurer la désinfection de la plaie par des lotions ou des irrigations avec des solutions antiseptiques ; il faut, en outre, enlever avec soin toutes les matières, telles que sang, pus et autres sécrétions, qui pourraient, par leur décomposition ultérieure, amener le développement de germes infectieux ; il faut ensuite, pour lier les vaisseaux sanguins qui ont été coupés, pour suturer et maintenir rapprochés les bords de la plaie, ne se servir que de fils rendus absolument

antiseptiques et constitués, autant que possible, de matières qui pourront se résorber dans la plaie et ne sont pas exposées à jouer le rôle de corps étrangers dans les tissus ; il faut enfin, dans le but d'empêcher la pénétration ultérieure de microbes pathogènes à la surface de la région opérée, pratiquer le pansement avec des linges également désinfectés et imprégnés de substances antiseptiques ; ce pansement sera très épais, afin que l'air ne puisse pas arriver en contact avec la plaie, et que les sécrétions que celle-ci pourrait donner ne se décomposent pas par l'action des germes infectieux atmosphériques. Tel est le pansement de Lister, qui a rendu possibles les audaces de la chirurgie moderne. Ce pansement a été plus ou moins modifié par certains opérateurs ; mais ce qui demeure toujours, c'est l'obligation pour tout chirurgien de mettre son opéré à l'abri de toute infection par les microbes pyogènes.

Au point de vue de l'hygiène, il est tout aussi nécessaire de tenir compte des notions que nous venons d'exposer. Chaque fois qu'une plaie a été faite à la surface de la peau, ou, pour parler d'une façon plus générale, chaque fois qu'une porte d'entrée a été pratiquée qui permet à un microbe pyogène de pénétrer dans l'organisme, il faut se garder de tout contact ou de toute manipulation qui pourrait faciliter l'infection. Les plus grands soins de propreté sont donc indiqués dans ces circonstances ; ces soins sont nécessaires, non seulement pour la personne blessée ou malade, mais aussi pour celles qui font partie de son entourage immédiat. Voici un exemple frappant, qui démontre l'utilité de ces connaissances sur la microbiologie. Nous avons dit qu'on a parfois trouvé les microbes pyogènes dans la bouche de personnes saines. Supposez une de ces personnes atteinte d'un typhus : l'intestin devient malade, il est le siège de petites plaies. Or si des microbes pyogènes passent de la bouche dans l'estomac et arrivent ainsi à l'intestin, ils peuvent infecter

les plaies intestinales qui caractérisent la fièvre typhoïde; de là des complications pouvant entraîner la mort des malades, qui auraient guéri si l'affection était restée simple. Concluons-en à l'impérieuse nécessité de nettoyer et de désinfecter aussi souvent que possible la bouche des personnes atteintes de typhus. Nous pourrions multiplier à l'infini les cas d'application pratique des notions que l'étude des microbes de la suppuration nous a fournies.

Microbes de l'érysipèle.

L'érysipèle est cette maladie, bien connue et relativement fréquente, qui est constituée par une inflammation de la peau, caractérisée par une rougeur vive de ce tégument, avec gonflement, sensation de chaleur et de douleur de la région atteinte. Un des traits les plus particuliers de cette affection est sa tendance à s'étendre rapidement de proche en proche pour gagner des parties plus ou moins considérables du corps, voire même parfois, quoique rarement, le corps tout entier.

On distingue l'érysipèle médical et l'érysipèle chirurgical : le premier naît spontanément, le second se déclare à la suite d'opérations, aux environs de la plaie. Mais il devient de plus en plus probable que l'érysipèle médical a toujours pour origine une petite excoriation de la peau, qui a servi de porte d'entrée aux micro-organismes. Cette hypothèse est fortifiée par la connaissance du caractère contagieux de la maladie. On la voit très souvent, en effet, se communiquer par simple voisinage de lits et s'établir à l'état d'endémie dans une salle d'hôpital. Souvent des érysipèles se déclarent à la suite d'opérations et de plaies et sont dus exclusivement à la contagion, facile dans un service de chirurgie.

Le microbe de l'érysipèle se présente sous la forme de petites cellules arrondies, se réunissant ordinairement par deux; les différents couples de cellules se rangent les uns à côté des autres de façon à constituer des chaînettes

(streptococcus). Ce microbe, qui a surtout été étudié par le Dr Fehleisen, peut vivre et se multiplier en dehors de l'organisme. On l'a plusieurs fois trouvé dans l'air des salles de chirurgie.

Dans l'examen de lambeaux de peau érysipélateuse, on voit que le microbe de l'érysipèle y existe en nombre plus ou moins considérable; on le rencontre même parfois dans le liquide des vésicules, phlyctènes et bulles qui se forment souvent à la surface d'un érysipèle.

Il n'existe guère de différences, ni dans la forme, ni dans le mode de culture, entre le streptococcus de l'érysipèle et le streptococcus du pus. Il est possible que l'érysipèle soit causé par le streptococcus de la suppuration, ou mieux par une variété de ce microbe. Pour admettre l'unité clinique et la localisation de l'érysipèle, il faut faire intervenir la disposition spéciale des vaisseaux dans les couches superficielles de la peau.

Le microbe de l'érysipèle a pu être inoculé à l'homme et aux animaux; il a reproduit la maladie avec tous ses caractères anatomiques et cliniques.

On peut le tuer par l'acide phénique (3 p. c.) en 45 secondes, par le sublimé corrosif (1 p. 1000) en 15 secondes.

De ces notions microbiologiques découlent d'importantes applications prophylactiques.

Au point de vue chirurgical, on comprend l'utilité du pansement antiseptique ayant pour but d'empêcher l'infection de la plaie par le microbe de l'érysipèle. Aussi peut-on dire que cette complication est devenue, depuis l'introduction de la méthode de Lister, une rareté chirurgicale.

Dans l'érysipèle médical, il est indispensable d'employer tous les moyens propres à prévenir la contamination de personnes saines par le microbe spécial à cette maladie, surtout si ces personnes sont atteintes d'excoriations ou d'autres lésions de la peau pouvant servir de porte

d'entrée à ce micro-organisme. Ces moyens sont l'isolement du malade et les grands soins de propreté pour les personnes de son entourage immédiat.

Microbes des affections puerpérales.

On sait que les femmes en couches sont exposées à des accidents excessivement graves, se traduisant par des inflammations dans les organes qui ont pris part au fait physiologique de la parturition. Ces inflammations ont un caractère de septicité particulière; elles se terminent par des suppurations de mauvaise nature. Quelquefois même, en dehors de toute maladie locale apparente, il se produit des accidents généraux graves (infection purulente ou putride) se terminant rapidement par la mort.

Ces différentes complications se présentent habituellement sous un aspect tellement spécial qu'on leur a donné un nom propre : affections puerpérales. On serait tenté de croire qu'elles doivent être produites par un microbe spécifique; rien ne prouve, du reste, qu'il n'en est pas ainsi. Mais, jusqu'à ce moment, il a été impossible d'isoler ce micro-organisme, si tant est qu'il existe.

Par contre, on a retrouvé là plusieurs des microbes pyogènes dont nous avons parlé, et d'autres encore qui leur ressemblent plus ou moins. Il n'est pas impossible qu'il n'y ait pas d'autres microbes dans les affections puerpérales, qui revêtiraient une forme spéciale uniquement par suite des circonstances dans lesquelles elles se présentent.

Quoi qu'il en soit, il est incontestable que les notions microbiologiques ont rendu d'immenses services dans la prophylaxie des accidents qui menaçaient auparavant toutes les femmes en couche. La mortalité effrayante qui ravageait les maternités avant l'introduction de l'antisepsie, a presque complètement disparu.

Nous n'entendons plus parler que rarement de ces nombreux décès, se présentant coup sur coup dans la clien-

tèle d'un seul accoucheur ou d'une seule sage-femme, et devant indubitablement être attribués aux germes pathogènes portés par l'homme de l'art d'une accouchée à l'autre. Ces améliorations sont particulièrement éclatantes dans les pays qui ont adopté des mesures de prophylaxie sévères et qui ont formulé une espèce de code d'antisepsie, que les intéressés (accoucheurs et sages-femmes) doivent observer sous peine de condamnations rigoureuses et méritées.

Les soins les plus minutieux de propreté et l'emploi méthodique de l'antisepsie avant, pendant et après l'accouchement ont enlevé à cet acte physiologique toute la gravité qu'il comportait auparavant. C'est à tel point qu'un savant accoucheur, M. le Dr Hubert de Louvain, proclamait dernièrement à l'Académie de médecine de Belgique cette formule qui est rigoureusement vraie : Sans antisepsie, des hécatombes de morts; avec demi-antisepsie, des demi-succès; avec une antisepsie rigoureuse, plus de revers !

Microbe du tétanos.

Une des complications les plus redoutables des plaies et des lésions traumatiques est le tétanos. Qui n'a entendu parler de cet accident terrible, survenant brusquement chez un blessé ou un opéré alors que tout semblait faire prévoir une issue favorable de la lésion traumatique ou de l'opération ? Qui n'a lu ces souffrances éprouvées par les tétaniques, dont tous les membres, la tête et le tronc sont le siège de contractions musculaires violentes que rien ne peut lever et qui se terminent presque fatalement par la mort ?

Pendant longtemps, en voyant que cette complication avait pour siège exclusif le système nerveux, on croyait devoir faire remonter la cause à une lésion quelconque d'un ou de plusieurs filets de ce système. Tantôt c'était une blessure d'un nerf qu'on accusait; d'autres fois c'était un

serrement ou un pincement d'un nerf par des ligatures ou des sutures.

Or il est actuellement bien établi que le tétanos est une affection d'origine microbienne ; il y a plus, on est parvenu à isoler ce microbe, et à en rechercher les caractères morphologiques et biologiques.

Le microbe du tétanos, qui a surtout été bien étudié par le Dr Nicolaier, est un bacille se présentant sous forme de fins bâtonnets, parfois disposés en filaments, le plus souvent constituant des amas irréguliers. Ce qu'il y a de particulièrement caractéristique de ces microbes, c'est le mode de formation de leurs spores : le bacille commence par s'épaissir dans toute son étendue, puis l'une des extrémités gonfle plus fort et il s'y forme une spore ovale, nettement délimitée, d'un aspect brillant, ayant bientôt trois ou quatre fois l'épaisseur du bacille, qui reste mince. Le microbe, ainsi muni d'une spore, prend la forme d'une épingle à grosse tête ou d'une baguette de tambour.

On est parvenu à cultiver le bacille du tétanos, mais sa culture rencontre de très grandes difficultés, parce qu'il est toujours mélangé à de grandes quantités de microbes d'autres espèces et que sa multiplication est entravée ou même complètement arrêtée par la naissance plus rapide et plus vivace de ces derniers.

On a trouvé ce microbe dans le pus et d'autres sécrétions de plusieurs tétaniques.

Le bacille du tétanos est très répandu dans le monde extérieur. On le rencontre particulièrement dans les couches superficielles des terrains des endroits habités ; cependant il ne manque pas absolument dans les terres vierges ni dans les couches profondes du sol. Il a son siège de prédilection dans les balayures et la poussière des rues et des habitations. On pourrait s'étonner que, ce bacille étant si répandu, le tétanos ne soit pas plus fréquent ; mais il faut remarquer que c'est un microbe anaérobie, c'est-à-dire qu'il ne supporte pas l'oxygène, de

sorte que l'infection par les plaies superficielles, dans lesquelles l'air arrive facilement, est entravée par la présence de l'oxygène atmosphérique.

Nous devons à la vérité de dire que, jusqu'ici, une des preuves principales du caractère pathogène de tout microbe est encore très insuffisamment fournie pour le bacille du tétanos. En effet, les expériences instituées pour reproduire le tétanos par l'inoculation du microbe de Nicolaier semblent avoir très souvent échoué.

On ne peut cependant pas en conclure que ce microbe ne soit pas l'agent pathogène de la maladie. D'une part, en effet, on trouve toujours ce bacille dans les plaies de l'homme ou des animaux morts du tétanos; d'autre part, il peut y avoir eu diminution rapide de la virulence, qui ne se conserve intacte que dans certaines conditions qui nous sont encore inconnues. Il est certain que le tétanos perd rapidement sa virulence sous l'influence de l'air, de la lumière et de la chaleur. Des expérimentateurs ont montré que si on inocule de la terre dans laquelle on soupçonne la présence du bacille tétanique, on peut reproduire la maladie, pourvu que l'inoculation se fasse aussitôt après qu'on a recueilli cette terre. Il suffit de pulvériser ce fragment de terre sur une feuille de papier et de le laisser pendant 24 heures dans l'atmosphère du laboratoire pour qu'il ne donne plus le tétanos.

D'après le professeur Verneuil, le bacille du tétanos aurait toujours une origine équine, c'est-à-dire que cette maladie se transporte du cheval tétanique à l'homme blessé, soit directement, soit indirectement par des objets tétanifères souillés par le cheval. Tout en admettant que la terre est souvent l'origine du tétanos, le chirurgien français soutient qu'elle doit sa virulence à sa souillure par le cheval tétanique, et que, dans cette double virulence du cheval et de la terre, la priorité appartient au cheval.

Ce qu'il y a de plus certain dans l'étiologie du tétanos, c'est la contamination des plaies par des parcelles de

terre en contact avec elles, soit directement, comme lorsque la plaie a traîné sur le sol, soit indirectement, lorsqu'elle a été contaminée par des linges ou vêtements souillés eux-mêmes par du terreau. Le cheval qui couche dans sa litière ou dans une prairie porte de la terre sur la peau, dans son sabot, sur sa ferrure, et on peut expliquer ainsi qu'il est tétanifère, puisque ses poils sont souvent couverts de boue et que ses pieds en ont toujours. Une plaie cutanée produite chez un homme par un coup de pied de cheval pourra donc être suivie du tétanos, comme une plaie dans laquelle restera une écharde de bois ayant d'abord traîné sur le sol. En y réfléchissant, on voit combien sont multiples les occasions de contamination par la terre : les mains des cultivateurs, jardiniers, garçons d'écurie, palefreniers, cavaliers, en sont tachées constamment, s'ils ne prennent pas de grands soins de propreté. Un blessé ou les premières personnes qui touchent une plaie peuvent y porter des fragments de terre. On comprend même à la rigueur qu'une plaie par arme à feu puisse donner le tétanos quand le projectile a traversé des objets de vêtement souillés eux-mêmes par la terre, comme cela arrive toujours aux soldats en campagne, qui couchent sur le sol et qui ont de la boue à leurs habits. Dans les pays chauds, où l'on attribue au froid de la nuit le tétanos observé chez des personnes qui passent la nuit en plein air, chez les enfants surtout, il est probable que le décubitus sur la terre et la contamination par celle-ci ont plus d'action que le froid et l'humidité.

Nous manquons de recherches sur les moyens propres à tuer le bacille tétanique. Il semble que celui-ci offre peu de résistance aux agents extérieurs.

En attendant, c'est donc surtout aux grands soins de propreté qu'il faut s'attacher pour prévenir le développement du tétanos. Une attention particulière doit être donnée aux mesures qui permettent d'éviter la contamination des blessés et des opérés par de la terre ; cette

précaution s'impose principalement s'il y a ou s'il y a eu des cas de tétanos dans la localité.

Microbe de la pneumonie.

Depuis longtemps déjà on soupçonnait la nature parasitaire de la pneumonie. Ce n'est que dans ces dernières années que les expérimentateurs sont parvenus à des résultats assez démonstratifs. La question n'est pas encore définitivement tranchée ; cependant il est extrêmement probable que le microbe découvert par les Drs Fraenkel et Weichselbaum, et étudié par Sternberg, Babes, Netter, etc., est bien l'agent pathogène de la pneumonie. Il reste seulement quelques points à élucider dans l'histoire de ce micro-organisme.

La théorie nouvelle sur la nature de la pneumonie est en général difficilement acceptée par les cliniciens purs. L'objection les plus sérieuse qu'on lui oppose est que cette affection résulte très souvent de l'action du froid. Il serait difficile de nier qu'un refroidissement ne soit très souvent — mais pas toujours — le point de départ de la pneumonie; reste à voir si ce fait ne peut pas s'accorder avec la notion microbienne de la maladie. Or rien n'est plus facile. Les essais d'inoculation ont démontré que le microbe de Fraenkel et Weichselbaum rencontrait chez un certain nombre d'animaux une grande résistance, qui empêchait ou entravait l'infection. Il résulte de diverses observations cliniques que l'homme doit être rangé parmi les animaux résistants. D'autre part, dans les expériences de laboratoire, il a été reconnu qu'on pouvait diminuer ou même faire disparaître cette résistance, en soumettant les sujets à des influences extérieures, telles que le refroidissement, l'inanition, le surmenage, les soustractions sanguines. Il est donc probable, pour ne pas dire certain, que le froid agit chez l'homme en diminuant sa résistance à l'action du microbe pneumonique et en favorisant l'implantation et la germination de celui-ci dans l'organisme humain.

C'est ainsi que s'expliquent encore les pneumonies qui se déclarent, soit à la suite de violences traumatiques (coups, blessures du thorax, fractures des côtes, etc.), soit dans le cours de maladies graves, telles que la rougeole, la grippe, le typhus. Ici encore le terrain organique est modifié de telle sorte que le microbe est à même de développer toute son action et que les résistances qu'il rencontre sont considérablement atténuées.

Il est à peu près certain que la pneumonie peut se transmettre par contagion ; c'est ainsi que s'expliquent ces cas plus ou moins nombreux qui s'observent presque simultanément dans des maisons particulières ou chez certaines personnes habitant le même appartement.

Les exemples d'épidémie de pneumonie ne sont pas rares non plus. Depuis longtemps les écrits des anciens ont signalé des épidémies sous le nom de pneumonies pestilentielles, malignes, putrides, typhoïdes, qui auraient même ravagé de grandes étendues de territoires. Il n'est pas établi qu'il s'agissait là de véritables pneumonies. Mais de nos jours on a observé, d'une façon plus certaine, des épidémies restreintes de pneumonie. C'est en Allemagne, en Amérique et en Angleterre qu'elles ont été le mieux décrites. Les ouvrages classiques renferment de nombreux exemples de ces épidémies qui envahissaient des prisons et des casernes, des villages, des maisons particulières ou même des villes entières.

Le microbe pneumonique se présente, lorsqu'on l'examine dans des cultures, sous forme de cellules arrondies ou ovales, ordinairement accolées par couples, quelquefois agglomérées en chaînes de 4, 10, 20 et même 30 individus. Les microbes qu'on retire de l'organisme ont une forme plus allongée et prennent souvent l'aspect d'une lance ou d'une flamme de bougie. Ils sont la plupart du temps entourés d'une espèce de capsule, qui n'est cependant pas un caractère distinctif.

On retrouve ce même organisme dans la très grande

majorité des pneumonies; mais il se présente souvent dans d'autres maladies. Il est intéressant de noter que l'étiologie de plusieurs de ces dernières affections restait entourée de beaucoup d'obscurité. Il est vraisemblable qu'elles ont un lien de parenté très étroit avec la pneumonie ; ce serait le même microbe, sa localisation organique varierait seulement sous l'influence de causes encore inconnues.

Le microbe de Fraenkel et Weichselbaum a été retrouvé assez fréquemment chez l'homme sain, notamment dans les liquides de la bouche. Il est probable qu'il peut rester à l'état latent dans l'organisme, tant qu'il ne survient aucune circonstance qui favorise sa pénétration, son implantation et sa multiplication dans le poumon.

On l'a également rencontré en dehors de l'organisme, notamment dans la poussière des appartements, et plus particulièrement encore dans l'entrevous de certaines habitations. Emmerich a recueilli la poussière des parquets d'une prison dans laquelle on avait observé, du mois de janvier au mois de juin, 261 cas de pneumonie, dont 46 décès. Il a inoculé cette poussière à des animaux et a produit une pneumonie ; il a obtenu le même effet par l'inhalation. A la suite de cette constatation, on a lavé et désinfecté les parquets de la prison, et la pneumonie a disparu.

Nous avons déjà dit que l'on a réussi à provoquer la manifestation de la pneumonie chez des animaux auxquels on avait inoculé des cultures pures du microbe de Fraenkel et Weichselbaum. Mais si on a affaire à une espèce animale résistante, il faut préparer le terrain pour que le microbe puisse s'y développer.

Nous ne connaissons rien encore des moyens de tuer le microbe pneumonique. Il est donc impossible de poser les règles d'une prophylaxie particulière; il faut s'en tenir aux règles générales de toute prophylaxie, à savoir l'isolement relatif du malade, l'éloignement des expectora-

tions pneumoniques, qui sont soupçonnées renfermer le germe pathogène. Puisque ce microbe existe très fréquemment dans les liquides buccaux des personnes saines, il peut être utile de désinfecter aussi soigneusement que possible la bouche et ses anfractuosités, notamment les amygdales.

Microbe de la diphtérie.

Il est peu de maladies qui, par leurs caractères cliniques et surtout par leur extrême contagiosité, doivent, autant que la diphtérie, faire soupçonner l'existence d'un microbe pathogénique. Et cependant, jusque dans ces dernières années, toutes les recherches avaient été vaines. Ce n'est qu'en 1884 que Löffler est parvenu à isoler un micro-organisme qui semble bien devoir être l'agent spécifique de la maladie. Et encore cette découverte n'est-elle pas admise par tous les microbiologistes.

Ce microbe se rencontre sous forme de petits bâtonnets, rectilignes ou incurvés à une de leurs extrémités. Les plus grands sont composés de plusieurs segments. A leurs extrémités ils présentent un léger épaississement. Parfois ces extrémités sont plus colorées que le corps du bacille.

Les expériences faites par Löffler pour établir les propriétés pathogéniques de son bacille sont nombreuses. Elles ont été reproduites par Roux, Yversin, Babes et d'autres, qui ont établi qu'on retrouve ce microbe dans les fausses membranes diphtéritiques. Elles ont démontré également qu'on pouvait, par l'inoculation aux animaux, reproduire la maladie avec tous ses caractères cliniques.

Il paraîtrait que le bacille de Löffler a été plusieurs fois retrouvé dans la cavité buccale de personnes saines. On n'a pu constater son existence en dehors de l'organisme humain.

Les recherches expérimentales sur les moyens de tuer ce micro-organisme sont encore très clairsemées. Il paraît

cependant qu'il meurt si on le laisse pendant une demi-heure dans de l'eau dont la température a été élevée à 60°. Les Drs Chantemesse et Widal ont fait quelques expériences pour étudier l'influence des antiseptiques. Le mélange auquel ces auteurs donnent la préférence est le suivant : 25 grammes de glycérine, 5 grammes d'acide phénique pur et 20 grammes de camphre. Ce remède peut être employé pour guérir l'angine diphtéritique. A cet effet, on pratique toutes les heures des lavages de la gorge avec de l'eau phéniquée ; on nettoie les parties malades avec un tampon de ouate assez dure pour enlever les fausses membranes ; on applique le mélange antiseptique sur la muqueuse mise à nu.

Il n'est pas douteux que la cure d'un foyer atteint de diphtérie dépend non seulement de l'antiseptique, mais aussi des soins et de l'habileté du médecin qui fait le pansement. L'énergie qu'on apporte à enlever les fausses membranes, les grands lavages, le pansement local fréquent, même avec un antiseptique médiocre, constituent des éléments de succès auxquels on ne saurait donner une trop grande part.

Pour empêcher la propagation de la diphtérie, il faut s'en tenir aux règles de prophylaxie générale : isoler le malade, éviter le transport des fausses membranes ou des débris de fausses membranes sur les muqueuses d'une personne saine, employer les antiseptiques non seulement pour guérir le malade, mais aussi pour diminuer les dangers de contagion en détruisant, autant que possible, les germes pathogènes.

Microbe du typhus.

Nous ne parlerons ici que de la fièvre typhoïde, qui est la forme la plus fréquente sous laquelle se présente le typhus dans nos contrées.

C'est le Dr Eberth qui a le mieux étudié le microbe du typhus, auquel il a attaché son nom.

Ce microbe est un bacille mince, ovoïde, allongé, terminé par des extrémités arrondies, comme des aiguilles émoussées à leurs deux bouts. Ce micro-organisme est animé d'un mouvement rapide, qu'on utilise pour le diagnostic. Il se développe déjà bien à la température ordinaire, mieux à la chaleur du corps, et se laisse cultiver facilement.

La présence de ce micro-organisme à l'intérieur du corps dans la fièvre typhoïde est un phénomène constant; de plus, il ne s'observe que dans cette affection, et on ne l'a trouvé jusqu'ici dans aucune autre maladie, malgré les recherches les plus soigneuses.

Ce microbe ne se rencontre pas dans les complications ; on sait aujourd'hui que celles-ci sont, pour la plupart, causées par des invasions d'autres microbes, parmi lesquels le staphylococcus pyogène occupe la première place. Ces invasions secondaires s'opèrent par les nombreuses solutions de continuité qui se créent de tous côtés et qui sont autant de brèches par lesquelles l'ennemi pénètre dans la place (plaies de l'intestin, fissures de la langue, plaies survenant sur le siège par suite du séjour prolongé au lit, irritations de la langue et du pharynx). L'apathie des malades et souvent le manque de soins favorisent encore cet envahissement, dont les effets sont d'autant plus redoutables que la nutrition générale subit partout une atteinte grave. Les conclusions sont faciles à en tirer : en surveillant soigneusement toutes ces portes ouvertes aux microbes, le médecin parviendra à éviter bien des complications dangereuses.

Pour établir définitivement la démonstration de l'action spécifique du bacille d'Eberth, il serait à désirer qu'on pût, à l'aide de cultures pures, inoculer la maladie. Malheureusement on ne connaît pas d'espèces animales prenant spontanément la fièvre typhoïde, de sorte que la démonstration de ce point est entourée de difficultés considérables. Malgré le peu de chances de réussite que présen-

tait le problème, de nombreux essais ont pourtant été tentés. Mais, à part les expériences assez récentes de Chantemesse et Widal, toutes les tentatives pour reproduire la fièvre typhoïde par l'inoculation ont échoué.

C'est surtout avec les déjections que le bacille quitte le corps humain. Ce fait, démontré un grand nombre de fois par les cultures, s'explique de lui-même. En effet, comme l'infection se fait par l'intestin, il n'est pas étonnant qu'on en retrouve le germe dans les déjections, d'autant plus que ces sécrétions constituent un milieu favorable à son développement. Les urines en contiennent également, surtout quand elles sont riches en albumine. Les mucosités bronchiques et les sudamina de la peau en renferment aussi dans certains cas. De plus, on a constaté sa présence dans le lait d'une nourrice.

Quant à l'air expiré, on peut sans crainte affirmer qu'il n'en renferme jamais.

La voie d'introduction du bacille typhique chez l'homme est certainement le tube digestif. Mais il faut une prédisposition de l'intestin, une irritation préalable.

Il est donc très vraisemblable que le transport des bacilles se fait surtout par l'alimentation. Les aliments et l'eau potable peuvent être imprégnés de quantités abondantes de bacilles typhiques. Les cas où l'on a pu retrouver le bacille d'Eberth dans l'eau potable des localités envahies par le typhus, deviennent chaque jour de plus en plus nombreux.

Souvent les déjections des malades arrivent sur les terrains consacrés à la culture, jardins, campagnes, champs d'irrigation, et de là les bacilles sont transportés dans les habitations par les produits de la terre ou par l'homme lui-même. Ils peuvent alors, par suite d'innombrables manipulations, de circonstances particulières, tomber sur un terrain favorable, s'y développer et donner lieu à une transmission ultérieure de la maladie.

Le bacille de la fièvre typhoïde est d'autant plus dange-

reux qu'il trouve facilement, en dehors de l'organisme, le moyen de se conserver intact et de se multiplier. Il se développe dans les infusions faites au moyen de plantes, dans l'urine, dans le lait, et même dans l'eau de source et l'eau d'égout. Chantemesse et Widal ont constaté qu'il avait conservé sa vitalité après avoir séjourné plusieurs mois dans une bouteille d'eau de rivière. Dans l'eau gazeuse, on l'a retrouvé vivant après plusieurs semaines. Une congélation de courte durée ne suffit pas pour le tuer.

On croyait jusque dans ces derniers temps qu'on pouvait, au moyen de certains antiseptiques, désinfecter à volonté le tube digestif et y tuer les microbes qui y pullulent depuis l'estomac jusqu'au rectum. Parmi ces substances, le mercure, surtout sous forme de calomel, jouissait du plus de crédit. Or l'expérience, comme cela arrive souvent, est venue encore une fois renverser les idées les plus rationnelles.

Il faut donc renoncer à exterminer ces micro-organismes dans le tube intestinal même. A-t-on au moins le pouvoir de les atteindre dans les déjections ? Combien de médecins, après avoir ordonné de verser dans les selles un peu d'acide phénique ou de sulfate de fer, sont persuadés qu'ils ont arrêté la propagation de la maladie à son origine même ! Mais l'expérience nous apprend que, pour désinfecter sûrement les selles des typhiques, il faut ajouter une quantité égale de solution d'acide sulfurique à 10 p. c. ou d'acide phénique à 5 p. c., et laisser le mélange en contact pendant trois jours.

Le bacille se laisse mieux tuer dans les liquides de culture que dans les selles, mais sa résistance est encore là très considérable. La cause de cette différence réside surtout dans les particules solides agglomérées des déjections, particules au sein desquelles les désinfectants ont de la difficulté à pénétrer. Il est, en outre, probable que les selles renferment le bacille sous la forme de

spore, laquelle, comme on le sait, se laisse moins facilement attaquer que la forme végétative.

Quant à l'action désinfectante de la chaleur, on a constaté qu'une température de 60° à 90° ne suffit pas pour faire perdre à ce microbe sa vitalité. Par contre, soumis à une chaleur de 100°, il ne se multiplie plus.

Le bacille d'Eberth supporte bien la sécheresse. Après une dessiccation de quatre mois, il fournit encore des colonies. Enfin, il présente également une résistance remarquable à la putréfaction.

Si le bacille est doué d'une si grande vitalité et se laisse si peu influencer par les agents extérieurs, il ne faut pas s'étonner que la propagation de la fièvre typhoïde se fasse si facilement par voie indirecte, et que l'on puisse rattacher des épidémies actuelles à d'autres, éteintes depuis des mois et des années, sans qu'il soit nécessaire d'invoquer une nouvelle importation de germes.

De ces considérations il résulte qu'il ne faut pas trop compter sur les désinfectants pour empêcher l'extension des épidémies de fièvre typhoïde. On obtiendra plus sûrement ce résultat en éloignant soigneusement et promptement les déjections des malades, en les faisant arriver dans les égouts des habitations, en veillant à un entretien minutieux de la canalisation, surveillant la pureté de l'eau potable et, au besoin, en faisant bouillir celle-ci, si on a des raisons de craindre qu'elle ne soit infectée. En cas d'épidémie, il n'est pas moins utile de soumettre à la cuisson tous les aliments qui pourraient être contaminés par le bacille de la fièvre typhoïde (fruits, salades, lait, etc.). Il va sans dire que toutes les autres précautions, telles que lavage des linges de corps et des literies souillées, désinfection ou lavage des parquets de la chambre des malades, etc., doivent être prises. Par contre, les fumigations sulfureuses ou autres, destinées à purifier l'air, peuvent être considérées comme absolument superflues.

Microbe du choléra (1).

Endémique dans l'Inde, dans le delta du Gange, le choléra asiatique passe presque constamment par l'Égypte avant de venir en Europe, où il a fait, en Italie, en France et en Espagne, en 1884-1885, sa dixième apparition depuis le commencement du siècle. Ses ravages ont toujours été en s'amoindrissant depuis la première grande épidémie de 1832.

Le caractère étiologique de la maladie, le transport de l'élément contagieux par les voyageurs, par les caravanes de la Mecque et par des navires infectés, la contagion très évidente des linges salis par les déjections, la formation de milieux contaminés et d'endémies locales de maisons, de grands établissements hospitaliers et de prisons, ont fait depuis longtemps penser à l'existence d'un microbe.

C'est en 1883 que le Dr Koch découvrit le microbe du choléra dans le cours de la mission dont il fut chargé par le gouvernement allemand en Égypte et aux Indes.

Ce microbe se présente sous forme de petit bâtonnet, habituellement un peu courbé en arc ; ses bords sont lisses et ses extrémités sont mousses, un peu appointées ou épaisses. Souvent deux bacilles sont adjacents, l'un placé au bout de l'autre, et incurvés tous les deux de telle sorte que la convexité de l'un fasse suite à la concavité de l'autre, de façon à représenter la lettre *S*. Ce sont ces bacilles qui sont les plus caractéristiques ; ils ressemblent à des virgules, d'où leur nom de kommabacilles ou bacilles en virgule.

Les virgules cholériques sont douées de mouvements très vifs. Le bacille de Koch se multiplie avec une rapidité énorme, lorsque l'oxygène et l'humidité ne lui font pas défaut. Mais, d'autre part, ses végétations arrivent bien vite

(1) Voir notre article *Le Choléra*, Revue des questions scientifiques, octobre 1885.

à leur apogée pour diminuer ensuite rapidement. C'est ainsi que, ensemencée sur une surface renfermant d'autres microbes, la virgule cholérique se multiplie si vite qu'au bout de 24 heures elle est en immense majorité, tandis que les autres restent stationnaires ; mais dès le troisième ou le quatrième jour, les rapports sont renversés : les virgules disparaissent et les autres bactéries reprennent leur place. Cette expérience donne l'image de ce qui se passe pendant cette maladie dans les selles et à la surface de l'intestin, où les bacilles disparaissent complètement quelques jours après le début de l'attaque choléri forme. Les virgules se développent le mieux à une température de 30° à 40°. Le froid ne les tue pas, mais les engourdit ; seulement elles peuvent sortir plus tard de leur engourdissement et reprendre toute leur activité.

La dessiccation tue les germes avec une facilité extraordinaire. Le Dr Koch, pour s'en assurer, a étalé sur de la toile humide des déjections cholériques. Des fragments de cette toile ont été desséchés pendant un espace de temps variable de quelques heures. L'examen et la culture de ces morceaux de toile ont toujours fait voir que les bacilles étaient frappés de mort complète.

Le bacille-virgule est-il réellement la cause du choléra ? Il n'en faut pas douter : la preuve a été faite d'une façon positive par l'inoculation à des animaux (cobayes), de même que par la manifestation du choléra chez des personnes ayant ingéré des aliments ou des boissons contenant des microbes. Un des exemples les plus probants à cet égard est celui d'un médecin allemand qui s'était rendu au laboratoire du Dr Koch pour s'initier à la recherche du bacille-virgule dans les déjections humaines. Arrivé à Berlin atteint d'un dérangement des voies digestives, il devint tout à fait malade à la fin de son séjour dans la capitale de l'Allemagne. A peine revenu chez lui, ce praticien fut pris d'une véritable cholérine ; trop malade pour procéder lui-même à une recherche microbiologique, il envoya un

échantillon de ses déjections au Dr Koch, qui y trouva d'abondants bacilles, que l'on put cultiver et multiplier. Ce fait est d'autant plus démonstratif qu'il n'existait en ce moment aucun cas de choléra à Berlin.

Il n'est pas possible de découvrir dans tous les cas le point de départ du choléra ; mais son introduction en Europe a toujours coïncidé avec des pèlerinages, des mouvements de troupes, etc. ; il est toujours venu du delta du Gange, et en particulier du sommet du delta qui est sa patrie. La partie inférieure du fleuve est, en effet, inhabitable en raison de sa configuration géographique et de la gravité des fièvres intermittentes. Une autre partie de cette contrée possède une population très dense. Au-dessous de cette région, les eaux stagnantes du Gange sont infectées de déjections de tout genre et présentent des conditions exceptionnellement favorables pour le développement du choléra. C'est précisément à cette limite de la partie habitée que le choléra est endémique, et c'est de là, c'est-à-dire du Bengale, qu'ils nous vient toujours. Dans cette partie du delta du Gange, les eaux couvrent presque la terre. Quand on y bâtit une maison, on prend de la terre pour élever le niveau du sol, et la maison se trouve entourée de flaques d'eau. La température élevée de cette région favorise la multiplication des bacilles. L'assainissement du sol tend à les faire disparaître ; des conduites d'eau et de drainage pratiquées autour de Calcutta ont diminué le choléra dans une grande proportion.

Quant au mode de propagation de cette maladie, il est certain que les relations des hommes entre eux constituent le facteur principal de ce fait. Il est très peu probable que le bacille du choléra puisse se diffuser dans l'atmosphère et être charrié avec l'air, comme d'autres corpuscules organiques ou inorganiques, d'autant plus qu'il ne supporte pas la dessiccation.

Les recherches du Dr Koch ont prouvé également que le virus pénètre dans l'organisme humain principalement

par les voies digestives, soit avec les aliments, soit avec les boissons. Les virgules se mêlent à l'eau, s'infiltrent dans le sol, se répandent ainsi sur les objets les plus divers et peuvent être transportées au loin. Là où l'eau stagne, dans les marais, les ports sans décharge, les cours d'eau lents, les conditions nécessaires à une végétation microbienne se réalisent aisément. Là au contraire où l'eau se renouvelle avec rapidité, la vie pour les microbes devient impossible.

La multiplication des bacilles se fait particulièrement bien dans les eaux stagnantes ou autour des bouches de décharge des égouts et des détritus des animaux ou végétaux. Il est souvent arrivé au Dr Koch de trouver des légions de micro-organismes sur des restes de plantes et tout à l'entour, tandis que plus loin ils faisaient complètement défaut.

Une eau infectée, ajoutée en quantité suffisante à du lait, ou servant à laver les vases et les ustensiles de cuisine, peut provoquer une abondante pullulation de germes cholériques. D'autres fois l'eau contaminée par la présence de bacilles sert à laver, à arroser des fruits, des légumes qui se mangent frais, des salades sur lesquelles ils se conservent parfaitement.

Le Dr Koch a constaté aussi qu'il suffit de déposer une petite quantité de matières intestinales d'un cholérique, renfermant peu de virgules, sur du linge mouillé et placé dans une atmosphère saturée de vapeur d'eau, pour obtenir en 24 ou 36 heures une exubérante multiplication de ces micro-organismes. Ils recouvrent alors par leur masse presque toute la surface du linge. On comprend sans peine les dangers qui résultent, au point de vue de la contagion, de cette pullulation si facile des bacilles à la surface du sol humide et sur des objets de literie, qui sont si sujets à être souillés par les déjections des malades.

Enfin le savant bactériologue de Berlin croit que les mouches et d'autres insectes, en volant de maison en

maison, peuvent transporter le virus sur les aliments et servir ainsi d'intermédiaire à la contagion.

Si le germe du choléra ne pénètre dans notre organisme ni par la peau, ni par les poumons, mais seulement par les voies digestives, nous pouvons assez bien nous défendre, et par des mesures assez simples, car le contact du cholérique n'est pas dangereux par lui-même; ce qui est dangereux, c'est, quand on a souillé ses mains, de ne pas les laver et les désinfecter soigneusement. Ce qui est dangereux, c'est de boire ou de manger des aliments contaminés.

Pour que le bacille-virgule se développe dans un milieu, celui-ci doit présenter une réaction alcaline ou neutre. La moindre trace d'acide s'oppose à sa multiplication; à dose suffisante, les acides le tuent irrémédiablement.

Il existe de nombreuses substances chimiques qui tuent le bacille du choléra ou, tout au moins, en empêchent la multiplication. La végétation de ce microbe est arrêtée par l'alun à 1 p. 100, le camphre à 1 p. 300, l'acide phénique à 1 p. 400, l'essence de menthe poivrée à 1 p. 2000, le sulfate de cuivre à 1 p. 25 000, le sublimé corrosif à 1 p. 100 000.

Il est facile de déduire des considérations qui précèdent les mesures prophylactiques à opposer au choléra. Voici comment le Dr Koch les a formulées lui-même dès l'année 1885 :

1° Mesures qui détruisent directement les matières infectieuses: désinfection des selles, destruction ou désinfection à fond du linge, etc.

2° Mesures sanitaires pour éloigner les substances infectieuses des habitations: canalisation, approvisionnement de bonne eau potable et ménagère, etc.

3° Faire exercer sur la population un contrôle par des personnes compétentes pour diagnostiquer les premiers cas le plus vite possible et pour étouffer l'épidémie au berceau. Il faut isoler les malades, ou tout au moins il

faut agir de manière qu'une importation du principe contagieux d'un endroit à un autre soit impossible. Il faut abandonner les maisons envahies, c'est-à-dire en faire sortir et surveiller les habitants qui sont en bonne santé.

4° Instruire le public. Cette instruction doit contribuer à rassurer la population. Il faut appeler l'attention du public sur les dangers qui résultent d'une nourriture malsaine, par exemple d'aliments crus, de l'eau de puits non bouillie, et il faut surtout prémunir le public contre l'usage du linge souillé.

Microbe de la tuberculose (1).

Nous avons dit, dans un précédent article, que le microbe de la tuberculose, découvert par le Dr Koch en 1882, était un bacille, se présentant sous forme de bâtonnet de 1 1/2 à 3 1/2 millièmes de millimètre, ordinairement légèrement plié ou incurvé. Il contient fréquemment des spores.

Nous rappelons que ce microbe se rencontre régulièrement et exclusivement dans la tuberculose, qu'il a pu être cultivé et isolé et que l'on peut, par son inoculation, reproduire la maladie chez les animaux.

Le bacille tuberculeux a été retrouvé dans toutes les manifestations de la maladie : granulations de la tuberculose pulmonaire, expectorations des phtisiques, ulcères tuberculeux de la langue, tuberculose des articulations, des os, de la peau, etc.

Ce microbe est un véritable parasite, qui ne saurait pas se multiplier en dehors de l'organisme vivant. Mais, par contre, il se conserve très longtemps dans les milieux extérieurs, en gardant toutes ses propriétés virulentes. Cette conservation est assurée par la présence des spores, qui montrent une très grande résistance aux causes de

(1) Pour les détails, voir notre article *Microbes et phtisie*, REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, octobre 1885.

destruction; ces spores gardent leur virulence en dehors de l'organisme. Si elles ne peuvent se multiplier dans les milieux ambiants, elles peuvent y séjourner longtemps sans rien perdre de leur puissance.

La dessiccation même n'est pas un agent de destruction du bacille tuberculeux; elle est, tout au contraire, le facteur principal de sa dissémination. Desséché, le crachat s'effrite, se divise à l'infini, voltige dans l'air sous forme de particules très petites, qui retombent peu à peu par leur propre poids et se déposent sur les objets qui nous entourent.

Nous savons que l'air dans lequel séjournent des phtisiques peut contenir des bacilles, du moins si les malades n'ont pas l'habitude de se servir de crachoirs pour y déposer leurs expectorations.

L'absorption du virus tuberculeux par l'inhalation est indubitablement la voie par laquelle les individus sains sont le plus fréquemment infectés. Dans des cas rares, l'introduction des bacilles peut avoir lieu par des plaies de la peau. Parfois les animaux atteints de tuberculose peuvent être la source d'infection; le lait et la viande servent alors de voie de propagation. Pourtant, d'après certains auteurs, la transmission de la maladie par le lait de la vache n'est possible que lorsqu'il existe une affection tuberculeuse des glandes mammaires.

La chaleur sèche détruit la virulence du bacille à 100°. La chaleur humide a une action plus rapide et plus efficace. Le sublimé corrosif exerce, sur le bacille de la tuberculose, une action germicide puissante; seulement, comme nous l'avons dit, il ne reste pas dissous dans les expectorations, à cause de la présence de l'albumine dans ces matières. L'acide phénique est un excellent désinfectant, pourvu qu'on l'emploie à la dose de 4 à 5 p. c. L'acide salicylique, l'acide acétique, l'ammoniaque, l'éther, l'alcool n'ont qu'une efficacité relativement faible. L'iodoforme, l'acide fluorhydrique, l'hydrogène sulfuré sont sans valeur réelle.

Le sulfate de fer en solution à 4 p. c., le sulfate de zinc à 20 p. c., le chlorure de chaux à 20 p. c., la térébenthine et le permanganate de potasse à la même dose, le savon de potasse à 8 p. c. possèdent une action intense sur le bacille tuberculeux.

Des considérations que nous venons d'exposer, il est facile de déduire les mesures prophylactiques à prendre pour diminuer la propagation de la tuberculose. Nous les résumerons en reproduisant les principales conclusions formulées par la commission permanente du Congrès de Paris (1888) pour l'étude des questions relatives à la tuberculose : La viande crue, la viande peu cuite, le sang, pouvant contenir le germe vivant de la tuberculose, doivent être prohibés. Le lait, pour les mêmes raisons, ne doit être consommé que bouilli.

La mère tuberculeuse ne doit pas nourrir son enfant.

Le germe de la tuberculose se transmettant, le plus souvent, du phtisique à l'homme sain par les crachats, le pus, les mucosités desséchées et tous les objets chargés de poussières tuberculeuses, il faut, pour se garantir contre la transmission de la tuberculose :

1° Savoir que, les crachats des phtisiques étant les agents les plus redoutables de transmission de la tuberculose, il y a danger public à les répandre sur le sol, les tapis, les tentures, les rideaux, les serviettes, les mouchoirs, les draps et couvertures ;

2° Être bien convaincu, en conséquence, que l'usage des crachoirs doit s'imposer partout et pour tous.

Les crachoirs doivent toujours contenir de l'eau, pure ou additionnée d'un désinfectant (acide phénique à 5 p. c.) ; ils seront vidés dans le feu et nettoyés à l'eau bouillante ; ils ne peuvent jamais être vidés ni sur les fumiers, ni dans les jardins, où ils peuvent tuberculiser les volailles, ni dans les latrines ;

3° Ne pas coucher dans le lit d'un tuberculeux ; habiter le moins possible sa chambre, mais surtout ne pas y faire coucher les jeunes enfants ;

4° Éloigner des locaux habités par les phtisiques les individus considérés comme prédisposés à contracter la tuberculose : sujets nés de parents tuberculeux, ou ayant eu la rougeole, la variole, la pneumonie, des bronchites répétées, ou atteints de diabète, etc. ;

5° Ne se servir des objets qu'a pu contaminer le phtisique (linges, literies, vêtements, objets de toilette, tentures, meubles, jouets) qu'après désinfection préalable (étuve sous pression, ébullition, vapeurs soufrées, peinture à la chaux) ;

6° Obtenir que les chambres d'hôtel, maisons garnies, chalets ou villas occupés par les phtisiques dans les villes d'eaux ou les stations hivernales, soient meublés et tapissés de telle manière que la désinfection y soit faite facilement et complètement réalisée après le départ ou le décès de chaque malade.

Comme il est à craindre que, de longtemps, on n'obtiendra pas l'observance de ces règles, d'une importance si grande, il faut en attendant, pour diminuer les ravages de la phtisie, s'attacher à modifier le terrain organique des individus prédisposés à contracter cette maladie : hygiène sévère, séjour à la campagne ou sur les hautes montagnes, soins de la peau, régime tonique, gymnastique, exercice en plein air, etc. (1)

Microbe de la fièvre intermittente.

Ce microbe appartient à une classe spéciale de microorganismes qu'on appelle les protozoaires, et qui, contrai-

(1) Nous étant placé, dans notre travail, exclusivement au point de vue prophylactique, nous ne parlons pas à dessein de la méthode de Koch pour guérir la tuberculose. Disons cependant que nous n'avons guère à retrancher de ce que nous avons avancé dans notre premier article. Cette découverte n'a certes pas répondu aux espérances de beaucoup de personnes. Mais n'avions-nous pas prévu la réaction exagérée à laquelle nous assistons ? Il n'est pas douteux que la tuberculine de Koch — tel est le nom donné à la lymphe qu'il a découverte — a produit dans certains cas des effets curatifs. Mais il est non moins certain que, pour devenir d'un usage plus général, elle doit être modifiée. C'est à quoi l'on travaille dans plusieurs laboratoires de bactériologie.

rement aux autres microbes, sont généralement considérés comme appartenant au règne animal.

Les fièvres intermittentes sont caractérisées, tout le monde le sait, par des accès qui reviennent ordinairement à heure fixe, tous les jours, tous les deux jours, tous les trois jours, et constituent ce qu'on appelle la fièvre quotidienne, la tierce, la quarte, etc...

Le microbe de la fièvre intermittente présente ceci de caractéristique, que presque toute son évolution s'accomplit à l'intérieur des globules rouges du sang.

Il est facile de suivre les diverses phases de son évolution :

1re phase. Le microbe se trouve à l'intérieur des globules rouges sous la forme d'une vacuole incolore, de configuration variée et changeant continuellement de forme. Peu à peu il augmente de volume et prend les aspects les plus bizarres, envoyant de fins prolongements, qui s'étendent, se raccourcissent et s'effacent pour apparaître en un autre point.

2e phase. Le microbe est devenu plus grand ; ses contours sont plus distincts ; il commence à contenir des granulations de pigment noir ; par contre, les changements de forme sont plus lents. Le globule rouge commence à s'altérer et à pâlir.

3e phase. Le microbe, ayant digéré toute la substance colorante du globule, perd ses mouvements et commence à se diviser. Le pigment s'accumule d'abord au milieu ; puis on voit apparaître des rayons qui divisent le pourtour en nombreux segments. Ces segments, d'abord intimement soudés, s'arrondissent ; d'ovales qu'ils étaient, ils deviennent ronds ; puis ils se séparent les uns des autres ; bientôt ils se détachent de la masse centrale et deviennent libres. Tout ce travail s'accomplit avec une grande rapidité et peut être observé au microscope.

Les jeunes parasites s'introduisent de nouveau dans d'autres globules rouges pour y recommencer le cycle qui vient d'être décrit.

Or, si on examine les globules rouges d'un malade atteint de fièvre intermittente, on constate que le moment où la fièvre se déclare correspond au moment où la division du microbe dans les globules se manifeste. Une fois l'accès passé, on ne rencontre que des microbes dans l'état constituant la première phase de leur existence, c'est-à-dire celui qui est caractérisé par le petit volume du parasite et par l'absence du pigment. Il y a en outre un rapport entre le nombre des parasites et l'intensité de l'accès. Quand les microbes sont nombreux, la fièvre est vive ; quand ils sont rares, il faut recourir au thermomètre pour constater une légère augmentation de la température du corps.

Les phénomènes que nous venons de décrire se manifestent dans ce qu'on appelle la fièvre tierce ; ils déroulent toutes leurs phases en deux jours.

Les microbes de la fièvre quarte sont un peu différents de ceux de la fièvre tierce ; leur évolution est plus lente : elle se fait en trois jours.

Le microbe de la fièvre quotidienne n'est pas différent de celui de la fièvre tierce. Mais, tandis que dans ce dernier type il n'existe qu'une seule génération de parasites, lesquels se trouvent sensiblement tous au même stade de leur évolution, dans le type quotidien on observe deux générations espacées d'un jour dans leur développement respectif, c'est-à-dire qu'une des générations commence son évolution lorsque la précédente vient de terminer la sienne, de sorte que l'accès se reproduit chaque jour.

Le microbe de la fièvre intermittente s'observe constamment dans cette maladie ; on ne l'a retrouvé nulle part ailleurs.

On a essayé de le cultiver ; on a employé à cet effet toute la série des milieux usités en bactériologie ; mais ces essais n'ont pas donné jusqu'ici de résultats satisfaisants. Par contre, on est parvenu à reproduire la maladie en

inoculant du sang d'un fiévreux à des personnes qui s'étaient offertes spontanément pour ce genre de recherches. Ces expériences ont été faites dans un hôpital de Rome situé dans un quartier où la fièvre intermittente est inconnue.

On a constaté, par l'examen microscopique, que les microbes de la fièvre intermittente disparaissent rapidement dans les cas ordinaires sous l'influence du sulfate de quinine, à telle enseigne qu'une seule dose suffit souvent pour qu'on ne les trouve plus dans le sang.

Ces notions sur le microbe de la fièvre intermittente n'ont jusqu'ici qu'un intérêt scientifique, et, tout au plus, diagnostique et thérapeutique. Mais, au point de vue prophylactique, elles n'ont encore conduit à aucune conclusion pratique. On n'est pas parvenu à isoler les microbes; on n'a donc pu essayer sur eux les agents de destruction dont l'hygiéniste dispose. On ne les a, du reste, pas encore trouvés en dehors de l'organisme, même dans les milieux auxquels la fièvre intermittente semble se lier intimement (marécages, eaux stagnantes). Il est donc impossible, pour le moment, de poser aucune règle pour la prophylaxie de la malaria. La seule mesure qui s'impose à ceux qui veulent éviter cette affection est l'éloignement des localités où elle est endémique.

Nous ne parlerons pas ici des microbes du charbon, de la morve, de l'actinomycose, de la lèpre, parce que ce sont des affections assez rares, au moins dans nos contrées.

Nous laissons également de côté d'autres affections certainement parasitaires, telles que la variole, la scarlatine, la rougeole, la coqueluche, la rage, parce que les microbes spécifiques de ces maladies ne sont pas encore connus. Les mesures prophylactiques propres à arrêter l'extension de ces processus morbides se confondent avec les règles générales que nous avons posées dans la première partie de notre travail.

La rage seule mériterait de nous arrêter ; mais la méthode de Pasteur est suffisamment connue pour qu'il soit nécessaire de la décrire. Il serait téméraire de vouloir l'apprécier ; jusqu'ici elle repose sur un trait de génie de ce grand savant plus que sur des données expérimentales. L'avenir nous apprendra si les notions microbiologiques, qui tôt ou tard seront découvertes, concordent avec ces vues purement théoriques.

Dr Mœller.

ÉPHÉMÉRIDES PLANÉTAIRES

DES CHALDÉENS

Dans deux articles précédemment publiés ici même (1) sous le titre : *L'Astronomie à Babylone,* nous nous sommes efforcé de montrer, d'après les découvertes des PP. Epping et Strassmaier, quelle connaissance complète et exacte du mouvement de la lune les Chaldéens possédaient déjà plusieurs siècles avant l'ère chrétienne. Nous voudrions aujourd'hui donner un aperçu de l'astronomie planétaire chez ces peuples à la même époque. Les travaux dus à la collaboration de l'astronome et de l'orientaliste que nous venons de nommer, et publiés successivement dans le cours des dernières années (2), nous fourniront une ample

(1) Voir Revue des quest. scient., octobre 1890, pp. 450 et suiv., et mars 1891, pp. 513 et suiv.

(2) *Astronomisches aus Babylon, oder das Wissen der Chaldäer über den gestirnten Himmel.* Unter Mitwirkung von P. J. N. Strassmaier, S. J., von J. Epping, S.J. Mit copien der einschlägigen Keilschrifttafeln und anderen Beilagen. (44cs Ergänzungsheft zu den Stimmen aus Maria Laach.) Freiburg i/B., Herder, 1889. In-8°, 190 pages et planches. Trois Tablettes planétaires

moisson de détails du plus haut intérêt au point de vue de l'histoire des sciences.

De même que dans l'étude que nous avons faite précédemment de l'astronomie lunaire en Chaldée, nous n'apporterons ici, comme pièces justificatives à l'appui de nos assertions, que des documents d'une autorité absolument incontestable. Nous irons dans la bibliothèque d'un observatoire babylonien nous emparer des tablettes en terre glaise où les prêtres astronomes ont inscrit les positions des planètes observées du haut de la *zigurrat;* nous prendrons, dans les bureaux des calculateurs officiels, des compilations d'observations faites d'après les registres de plusieurs siècles, et des éphémérides planétaires calculées pour les années suivantes. Ces divers documents, nous les soumettrons à un examen rigoureux ; et les glossaires techniques chaldéens faisant défaut, nous trouverons dans les formules de l'astronomie moderne, en même temps le nom de la planète et la nature du phénomène qui font l'objet de chaque éphéméride ; du même coup aussi, nouveaux inspecteurs des observatoires de Chaldée, nous apprécierons la valeur de leurs travaux.

Les documents babyloniens capables de jeter quelque lumière sur l'histoire de l'astronomie sont de nature diverse. Les uns, composés presque exclusivement d'indications numériques, constituent des *Tables de calcul;* dans notre premier travail, nous en avons étudié deux qui con-

sont étudiées dans cet ouvrage. Deux renferment les Éphémérides respectivement pour les années 201 et 189 de l'ère des Séleucides; elles font partie de la collection Spartoli au British Museum. La troisième se rapporte à l'année 188 de la même ère et se trouve dans la collection Rassam, elle aussi au British Museum.

Zeitschrift für Assyriologie. *Sachliche Erklärung des Tablets n° 400 der Cambyses-Inschriften*, von Jos. Epping S. J., 1890, p. 281 et suiv.

Ibid *Neue Babylonische Planeten-Tafeln*, von Jos. Epping, S. J., und J. N. Strassmaier, S. J., 1890, pp. 341 et suiv.; 1891, pp. 89 et suiv., et pp. 217 et suiv. Ces trois derniers articles s'occupent spécialement de deux Tablettes du British Museum (collection Rassam et collection Smith S +), et d'une troisième qui est actuellement à l'Université de Pensylvanie (Philadelphie) : c'est le n° 9 de la collection Shemtob.

duisaient à la détermination de nouvelles lunes vraies et de néoménies (1). Les autres documents ont reçu depuis longtemps déjà le nom de *Tablettes planétaires ;* celui d'*Annuaires astronomiques chaldéens* serait beaucoup plus exact. Leur texte est divisé en deux parties. Dans celle de gauche, les chiffres dominent. Le P. Epping y reconnut des prédictions de phénomènes caractéristiques des époques voisines de la nouvelle et de la pleine lune : ce sont donc des *Éphémérides lunaires*. La partie de droite offre, au contraire, un texte continu, sobre de chiffres. La grande majorité de ses indications se rapporte aux planètes ; mais, en outre, aux dates convenables, on trouve l'annonce des éclipses de soleil ou de lune, des positions remarquables de Sirius relativement au soleil, et du commencement des saisons astronomiques.

On le voit, toutes les parties de l'astronomie accessibles aux anciens sont représentées dans ces documents. Pour étudier ces matières avec ordre, il fallait en faire deux parts principales : réunir et traiter simultanément dans la première toutes les questions d'astronomie lunaire, et réserver pour la seconde l'astronomie planétaire. Au point de vue de l'astronomie lunaire, on avait à étudier les Tables de calcul des nouvelles lunes vraies et des néoménies, les Éphémérides lunaires et les annonces d'éclipses. Tel fut le sujet du travail mentionné plus haut. Nous nous proposons maintenant de nous occuper des planètes et, par manière de complément, de Sirius et des saisons

(1) Ce terme de *néoménie*, emprunté au calendrier grec, y signifiait le premier coucher visible de la lune après sa réapparition du soir (*Bibliogr. génér. de l'Astronomie*, Houzeau et Lancaster, *Introduction*, p. 38). Nous l'introduisons dans le calendrier chaldéen avec une légère modification de sens. Le mois babylonien commençait au coucher du soleil qui précédait le premier coucher visible de la lune nouvelle. Or les astronomes chaldéens, dans l'établissement de leur calendrier, ne se contentaient pas de déterminer la date du phénomène; ils recherchaient encore pendant combien de temps la lune resterait visible au-dessus de l'horizon. C'est tout ensemble la date de la réapparition du croissant lunaire et la durée de cette apparition que nous appelons la *néoménie babylonienne.*

astronomiques. Beaucoup moins compliquée que la précédente, cette étude nous fournira des résultats tout aussi étonnants. Nous nous attacherons d'ailleurs à la mener d'une manière tout à fait indépendante de la première; les conclusions d'ensemble ne feront qu'y gagner en solidité.

Nos recherches porteront sur deux *Tablettes planétaires* dont la transcription est due à l'habileté paléographique du P. Strassmaier. Ces précieux Annuaires abondent en prédictions astronomiques réparties sur les vingt-cinq mois lunaires des deux années 189 et 201 de l'ère des Séleucides (E. S.). — Ces années étaient lunisolaires et, par conséquent, de douze et parfois de treize mois. — Le lecteur trouvera sur la planche qui accompagne la livraison de mars 1891 le texte de deux fragments de ces Tablettes; nous y avons transcrit les mois d'ulûlu I et d'ulûlu II de l'année 189 E. S., ainsi que les mois de nisannu et d'airu de l'année 201 E. S.

Prenons ce texte en main; étudions-le. — Un même mot, très connu d'ailleurs, *mi* = *mushu*, c'est-à-dire la nuit, commence la majorité des lignes de la partie de droite. Suit un nombre qui, dans l'intervalle de chacun des mois, va en croissant de 1 à 30 : c'est évidemment la date du mois. Quand *mushu* fait défaut, la date commence la phrase. Nous rencontrons alors, en général, une des deux expressions *ina namâru* ou *lilâtu* suivie d'un des cinq vocables : *te-ut, dil-bat, an, mullalu, gut-tu*. Or *dil-bat* signifie la planète Vénus : d'autres inscriptions l'avaient appris depuis longtemps. *Te-ut* et les trois autres noms doivent aussi, se dit-on, représenter des planètes; de là le nom de Tablettes planétaires donné au présent document. On avait même cru pouvoir rapporter à Jupiter le nom de *gut-tu*, si fréquent dans les Tablettes; *an* au contraire passait pour un nom commun, *étoile, ciel*. Quant à *te-ut* et à *mullalu*, tout assyriologue sérieux, questionné sur leur signification, aurait répondu par un humble aveu d'ignorance. Ajoutons à cela l'extrême concision du reste du texte, dont plusieurs

mots étaient aussi peu connus que *te-ut* ou *mullalu*, et nous aurons une faible idée des difficultés que le P. Epping eut à vaincre ici. — Mais un ou deux exemples feront mieux voir les données du problème. Nous rencontrons respectivement, au mois d'abu et au mois d'arah-samna 201 E. S., les deux notes suivantes :

mi 26 birnun dil-bat sik bir sha iltânu 4 u;
mi 2 ina bir an sik bir sha shutu 8 si.

D'abord, *birnun* et *ina bir* sont les sons qui furent primitivement choisis pour représenter les idéogrammes reconnus plus tard comme exprimant les mots *lilâtu* et *ina namâru*. — Les vocabulaires consultés fournissaient alors les traductions suivantes :

Bir, lumière, éclat; *ina*, dans; *sha*, de, suivant, contre; *sik*, trouver, pays; *an*, étoile, Dieu; *dil-bat*, Vénus; *shutu*, sud; *iltânu*, nord, corne, remplir; *u* et *si*, mesures: aune, pouce; *mi*, nuit, sombre.

Il fallait une science et un art peu communs pour construire avec ces éléments difformes la phrase que voici :

En abu, la nuit du 26, à l'occident, Vénus ; au-dessus, *bir* vers le nord (c'est-à-dire β de la Balance, l'étoile brillante la plus septentrionale de cette constellation), (à la distance de) 4 *u* (c'est-à-dire 4 *ammat* ou 4 fois 2°, 3).

En arah-samna, la nuit du 2, à l'orient, Mars ; au-dessous, *bir* vers le sud (c'est-à-dire α de la Balance, l'étoile brillante la plus méridionale de cette constellation), (à la distance de) 8 *si* (c'est-à-dire 8 *ubanu* ou 8 fois 8′).

Que cette traduction soit la vraie, nous en avons la garantie la plus solide, celle que le P. Epping a eu soin de donner à chacune de ses affirmations, nous voulons dire la vérification de ce fait qu'*à des textes semblables entre eux et rapportés dans les Tablettes aux dates les plus diverses, répondent, chaque fois, aux jours voulus, les mêmes phénomènes astronomiques.*

Mais pour en faire la preuve, il fallait tout d'abord reconstituer le ciel étoilé tel qu'il s'était montré aux yeux des prêtres chaldéens, aux dates précises où, postés sur la plate-forme de leurs temples, ils vérifiaient l'exactitude de leurs éphémérides. Les dates des deux Tablettes dont nous nous occupons furent, nous le savons, les années 189 et 201 E. S. En outre, grâce aux preuves accumulées dans notre première étude, nous savons aujourd'hui, et de science très certaine, que ces années de l'ère des Séleucides répondent aux années —122 à —121, et —110 à —109 de l'ère chrétienne. Mais ne tenons pas compte de ces arguments, oublions-les. La concordance signalée à l'instant entre les deux ères est indiquée, approximativement, par quelques témoignages d'auteurs anciens ; acceptons-la sous bénéfice d'inventaire : nous avons dans les travaux du P. Epping sur ces seules Éphémérides planétaires de quoi faire des années 189 et 201 E. S. un des repères les plus solidement établis de l'histoire de l'antiquité. Ici encore, c'est l'astronomie qui fit toute la besogne ; sans son secours, tout, jusqu'au sens de la plupart des mots qui composent nos textes, devait rester obscur, peut-être même absolument inconnu.

Dans la reconstruction du ciel mentionnée à l'instant, les positions de Mercure, de Vénus et de Mars furent calculées à 5 minutes près et parfois plus exactement encore ; celles de Jupiter et de Saturne à 10′ près. Alors une carte écliptique fut construite d'après les indications des Tables de Berlin pour 1800. Toutes les positions de planètes furent d'ailleurs réduites, comme il le fallait, à l'écliptique de cette dernière année. Est-il nécessaire de faire remarquer que les approximations indiquées suffisent amplement à la vérification des prédictions babyloniennes?

Mais comment allons-nous imaginer que les Chaldéens fixaient la position des planètes sur la voûte céleste? Quel système de coordonnées avaient-ils adopté? Leurs

tablettes, destinées aux initiés, et partant d'une concision quasi désespérante, gardent là-dessus le silence le plus profond. Forçons-les, s'il est possible, à livrer leur secret.

Pour indiquer la position d'un objet céleste, on se sert communément aujourd'hui de coordonnées équatoriales, l'ascension droite et la déclinaison; les anciens employaient au contraire les coordonnées écliptiques, la longitude et la latitude. Les Babyloniens en agissent-ils de même ici? Non, la chose est bien certaine : car, dans ce cas, deux nombres, et un mot pour distinguer les latitudes boréales des latitudes australes, c'était tout ce qu'il fallait, en général; rien ne nécessitait un texte si abondant. Ajoutons encore que ces nombres eussent été soumis à des variations plus considérables que celles des nombres de nos Tablettes. Les coordonnées planétaires des Chaldéens n'étaient donc ni équatoriales, ni écliptiques; elles n'étaient pas davantage quasi horizontales à la façon de leurs coordonnées lunaires. C'est donc que nos astronomes rapportaient les planètes à telle ou telle étoile brillante située dans leur voisinage au moment considéré.

Précisons ce dernier système. — Voyons la planète passer auprès de l'étoile fixe. Pour caractériser la position de la planète, les Babyloniens devaient déterminer si elle passait au-dessus ou au-dessous de l'étoile — disons : au nord ou au sud de l'étoile, pour qui observe les planètes sous une latitude comme celle de Babylone; —ils devaient déterminer aussi la distance angulaire de la planète à l'étoile ; et, afin de donner à ces deux indications toute la netteté désirable, les rapporter au moment où la planète couperait une droite déterminée passant par l'étoile. Reste à trouver cette droite. Nous ne perdons pas de vue l'emploi fréquent de l'écliptique dans l'astronomie des anciens. Cela étant, que pouvaient-ils faire de meilleur et de plus simple que de prendre, pour la ligne de repère en question, l'arc de grand cercle mené normalement de l'étoile à l'écliptique? En d'autres termes, ils déterminaient le

moment de l'égalité des longitudes de la planète et de l'étoile. Telle dut être leur méthode — à peu de chose près, tout au moins ; — car, dépourvus qu'ils étaient d'un instrument qui leur donnât mécaniquement la direction de cet arc normal à l'écliptique, leurs observations, et par suite leurs éphémérides, n'auraient eu qu'une précision entièrement insuffisante. Acceptons donc comme la plus probable cette hypothèse du P. Epping: chacune des lignes de repère était déterminée par deux étoiles assez brillantes, voisines de l'écliptique et tellement situées que leur ligne de jonction fût à peu près normale à l'écliptique. Néanmoins, les registres d'observation ou les éphémérides ne renseignaient qu'une de ces deux étoiles, la principale: les initiés connaissaient son associée.

Dans ce système, nos astronomes avaient-ils à prédire la position d'une planète pour une époque donnée, ils recherchaient l'étoile zodiacale dans le voisinage de laquelle elle se trouverait à l'instant voulu : première indication un peu vague. Ils la précisaient en calculant quelle nuit la planète passerait la ligne de repère relative à cette étoile ; si, au moment de ce passage, elle se trouverait au-dessus ou en dessous de l'étoile ; et enfin à quelle distance angulaire elle en serait.

Il suffit de relire la traduction que nous avons donnée tout à l'heure de deux lignes de l'Annuaire astronomique pour 201 E. S., pour y retrouver immédiatement les trois éléments que nous venons de signaler : indication de l'étoile de comparaison ; sa position relative, supérieure ou inférieure à celle de la planète ; et sa distance à celle-ci.

Mais ce ne sont là que les traits généraux communs à chaque Éphéméride : dans les deux seules lignes citées plus haut, nous apercevons déjà deux nouveaux détails. Parfois en effet plusieurs étoiles, proches l'une de l'autre et, par suite, réunies sous une même dénomination, —en

un mot, les diverses étoiles d'une même constellation du zodiaque chaldéen, — ont servi d'étoiles de comparaison ; il fallait indiquer leur caractère distinctif. Ces détails et autres analogues étaient cachés sous autant de mots techniques qu'il s'agissait de déchiffrer. Le P. Epping y parvint, et voici la suite des résultats auxquels il est arrivé. Nous les donnons tels qu'il les publia dans son *Astronomisches aus Babylon*, quittes ensuite à les compléter ou à les corriger légèrement d'après les travaux postérieurs. En résumé, ces résultats comprennent : l'identification des noms des planètes, de plusieurs noms d'étoiles, d'un assez grand nombre de constellations chaldéennes, enfin, la détermination précise du sens technique des divers idéogrammes employés dans la rédaction des Éphémérides planétaires. Entrons dans quelques détails en suivant l'ordre, toujours le même, des diverses indications des éphémérides. Nous aurons ainsi une sorte de vocabulaire, grâce auquel il nous serait possible de traduire, dans nos Éphémérides, tous les textes qui signalent l'arrivée d'une planète dans une position précise du voisinage d'une étoile zodiacale, ou bien, en un mot, qui signalent *la conjonction* d'une planète avec cette étoile.

Les phrases des textes planétaires commençant par l'idéogramme *mi (= mushu)* suivi, après le numéro de la date, d'une des deux expressions *ina namâru* ou *lilâtu* donnent le jour du mois où cette planète devait se trouver *en conjonction* avec l'étoile de comparaison dont le nom vient ensuite : ainsi, par exemple, d'après les Chaldéens, il y eut en 189 E. S., le 5 du mois d'ulûlu I, une conjonction de planète et d'étoile, car la tablette 189 E. S., sous le titre ulûlu I, porte : mi 5 ina namâru.

Les mots qui suivent *ina namâru* ou *lilâtu* doivent se traduire comme suit : *gut-tu*, Mercure ; *dil-bat*, Vénus ; *an*, Mars ; *te-ut*, Jupiter, *mullalu*, Saturne.

ina namâru indique que la planète devait être visible le matin jusque vers le lever du soleil, ou ce qui est la

même chose, ne se coucherait pas avant le lever du soleil. (*ud* = *namâru*, lever, sous-entendu : du soleil).

lilâtu veut dire que la planète serait visible dès le crépuscule, en d'autres termes, se serait levée avant le coucher du soleil (*usan* = *lilâtu*, ciel du soir).

Après le nom de la planète vient, invariablement, un des deux mots *sik* ou *e;* le premier, *sik* (= *elish*, au-dessus), annonçait que l'étoile de comparaison citée serait *au-dessus* de la planète, par conséquent plus rapprochée du zénith ; *e* (= *shaplish*, au-dessous), signifiait au contraire que l'étoile serait *sous* la planète, ou, plus bas sur l'horizon.

Les termes techniques qui suivent servent à caractériser l'étoile de comparaison. Ainsi, deux étoiles voisines, servant toutes deux, dans l'occurrence, d'étoiles de comparaison, portaient parfois le même nom. Pour signifier la plus boréale des deux, on ajoutait à son nom *sha iltânu* (vers le nord); *sha shûtu* (vers le sud) caractérisait la plus méridionale. Mais si la différence de longitude était sensible, le mot *te* (= *dahû*, proche) l'indiquait, et la plus occidentale des étoiles recevait le qualificatif de *mahrû* (la première, s.-ent. dans le mouvement diurne); la plus orientale, celui de *arkû* (la dernière).

Le nom de l'étoile est, d'ordinaire, accompagné de celui de la constellation dont elle fait partie ; parfois cependant on le trouve seul.

Enfin, les prédictions se terminent par l'évaluation numérique de la distance à laquelle la planète devait passer de l'étoile de comparaison. Deux unités différentes servent à l'exprimer : le *û* (= *ammat*, coudée), qui vaut environ 2°, 3 et le *si* (= *ubanu*, pouce), qui vaut de 7′ à 8′.

L'ensemble de ces résultats est aujourd'hui acquis à la science. Il est certain tout d'abord que les Tablettes planétaires renferment des prédictions de conjonctions d'étoiles et de planètes, et que chacune des cinq planètes est représentée par les symboles indiqués plus haut. En effet, pour ne parler que des Annuaires chaldéens pour

189 et 201 E. S., aux dates assignées, les longitudes des planètes ne diffèrent de celles de leurs étoiles de comparaison que de quelques degrés, — tout juste assez pour montrer, une fois de plus, que ces Tablettes sont des Éphémérides et non des Registres d'observations. Mais ajoutons immédiatement que les planètes reçoivent encore dans les documents chaldéens d'autres dénominations que celles que nous avons rapportées. Ainsi, plusieurs Tablettes — des Registres d'observations, cette fois — étudiées récemment par le P. Epping dans la *Zeitschrift für Assyriologie* (1), donnent à Jupiter le nom de *sag-me-sha*, et celui de *ni-bat-anu* à Mars. En outre, on corrigea la lecture de l'idéogramme qui signifie Saturne : au lieu de *mullalu*, on lit maintenant *kaimânu*.

Quant à l'interprétation de *te*, *sik* et *e*, sa preuve, déjà très solide après les calculs de l'*Astronomisches aus Babylon*, est désormais irréfragable après l'application pleine de succès qui en a été faite aux Registres d'observations que nous venons de mentionner.

Les indications de ces mêmes documents, lesquelles méritent évidemment plus de confiance que celles des Éphémérides, permirent enfin de fixer plus exactement la valeur des mesures angulaires *û* et *si*. Elles fournissent les résultats suivants : *1 û* = 2°,4 et *1 si* = 6′, valeurs bien peu différentes de celles adoptées dès l'abord (*û* = 2°, 3 et *si* = de 7′ à 8′).

Ce n'est pas, on le pense bien, du premier coup et sans de nombreux et pénibles tâtonnements que le P. Epping s'est trouvé en possession de cette complète interprétation des Tablettes planétaires ; *gut-tu*, notamment, fut assez longtemps sans être reconnu. Ce nom de *gut-tu* apparaissait partout ; c'était la planète qui jouait le rôle de beaucoup le plus important dans les Tablettes. Qui donc eût osé, de prime abord, voir en elle Mercure, cet astre qui,

(1) 1890 et 1891, *loc. cit.*

presque toujours plongé dans les feux du soleil, semble vouloir se dérober à notre curiosité? La question ne se posait même pas, et l'absence complète de Mercure dans nos Tablettes eût à peine excité l'étonnement. Pourtant, la traduction *gut-tu* = Jupiter, adoptée d'abord sur la foi de la majorité des assyriologues, était évidemment mauvaise : le calcul la condamnait irrémissiblement. Il fallait essayer d'une autre hypothèse, soit, par exemple, *gut-tu* = Mars. Elle fut appliquée d'abord à 189 E. S. 19 schebat, où l'on croyait lire *gut-tu an*. Le résultat fut satisfaisant. Bien plus, *an* signifiant tout simplement *étoile*, dans les idées d'alors, et le calcul montrant que Mars avait été observable pendant toute l'année 189 E. S., il était assez naturel de voir Mars annoncé dans les tablettes comme l'étoile par excellence de cette année, comme son régent, disent les astrologues. L'explication pouvait paraître heureuse, elle était impuissante à empêcher l'interprétation *gut-tu* = Mars d'être reconnue fausse. Chaque prédiction des Éphémérides devait être soumise à l'enquête rigoureuse du calcul. Grâce à elle, la vérité ne pouvait manquer de se faire jour, et l'on vit enfin, à n'en pouvoir plus douter, tant les preuves étaient nombreuses et décisives, que *gut-tu* était Mercure et rien que Mercure, et que Mars était appelé *an*.

Une erreur avait donc été commise au sujet du 19 schebat 189 E. S.? Sans doute; la philologie avait été mise en défaut. Au lieu de *gut-tu an* que l'on avait lu, le texte portait *lilâtu an* et se rapportait à Mars. Seulement cette erreur était excusable : non seulement on avait affaire à une écriture cursive toujours très difficile à lire, mais l'idéogramme représentant *gut-tu* était absolument inconnu avant les travaux des PP. Strassmaier et Epping. Il ne diffère guère de *lilâtu* que par quelques traits qui précisément étaient effacés dans l'Éphéméride du 19 schebat. Tel est un des nombreux cas où le calcul servit à corriger une première transcription de ces textes autrefois si obscurs.

Nous sommes actuellement en état de traduire tout le texte relatif aux conjonctions de planètes et d'étoiles, c'est-à-dire la plus grande partie de nos Éphémérides planétaires. Continuons, et recherchons quels autres phénomènes y sont annoncés.

Il n'est pas difficile d'en trouver une première classe. On sait en effet que les anciens observaient avec beaucoup d'intérêt les *oppositions* des planètes, c'est-à-dire l'instant remarquable, dans la course apparente de ces astres errants, où leur lever coïncide à peu près avec le coucher du soleil. On peut en augurer que nos astronomes s'efforcèrent de prédire le retour de ces phénomènes ; et pour nous en assurer, la méthode est simple. Voyons au moyen des Tables des planètes combien d'oppositions eurent lieu dans l'intervalle de temps que couvrent nos Éphémérides planétaires. Il y en eut cinq : deux de Saturne, deux de Jupiter, et une de Mars. Or nous trouvons précisément cinq textes analogues à celui-ci :

189 E. S. ulûlu II 23, mullalu 2 ina e-a

ou mieux, d'après les lectures récemment adoptées, (1)

ulûlu II 23, kaimânu ana me e-a.

Les Tables de Saturne nous disent en particulier que, le 9 octobre 122, c'est-à-dire, en style babylonien, le 23 du second ulûlu, cet astre se leva 8 minutes après le lever du soleil ; il était donc en opposition. Les quatre autres prédictions semblables nous fournissent des résultats non moins satisfaisants. Notre conjecture était donc bonne. Mais ne négligeons pas sa partie négative ; si *ana me e-a* annonce les oppositions, cette expression ne peut accompagner, dans les Tablettes, des noms de planètes qui

(1) Cette correction de la lecture est un simple détail philologique sans importance dans la question qui nous occupe. Voir aussi p. 60.

n'eurent pas d'opposition en 189 ni en 201 E. S. Or, on trouve que Mars n'eut pas d'opposition en 201 E. S.; d'ailleurs, les planètes inférieures, Vénus et Mercure, ne peuvent jamais en avoir. Effectivement, la tablette 201 E. S. ne montre nulle part *an ana me e-a*, et dans aucun des documents chaldéens étudiés jusqu'ici ni *gut-tu* ni *dil-bat* ne sont accompagnés de l'idéogramme *e-a*, caractéristique de l'opposition.

Un autre phénomène qui ne peut avoir échappé aux soigneux observateurs du ciel à Babylone est celui des *stations des planètes supérieures*. Ils annoncent, par exemple, que Mars, en 189 E. S., le 7 du second ulûlu, sera arrivé dans sa course *directe* — donc de l'ouest à l'est — à *mash-mashu mahrû*, c'est-à-dire à β des Gémeaux; près de trois mois plus tard, le 5 kislinu, ils le mettent, de nouveau, voisin de la même étoile; ils le font rétrograder les jours suivants jusqu'à α des Gémeaux, et même au delà, car un bon mois plus tard, le 29 tebitu, il doit, à les en croire, se retrouver auprès de α des Gémeaux, et continuer alors sa marche progressive dans l'écliptique. Évidemment, les astronomes chaldéens auront cherché à déterminer les points extrêmes de l'arc parcouru par la planète dans le sens rétrograde, d'autant plus que son mouvement extrêmement lent aux environs de ces points, son *stationnement*, pour ainsi dire, a dû attirer leur attention.

Voici, d'un autre côté, que nous trouvons dans la tablette 189 E. S. les deux notes suivantes :

11 tishritu an ina nangaru emid.
5 tebitu an ina mash-mashu emid.

Nangaru et *mash-mashu* sont, nous le savons, deux noms d'astérismes; de plus, d'après ce que nous venons de dire sur la marche assignée par les Éphémérides à la planète Mars du 7 du second ulûlu au 29 tebitu, on voit que le

11 tishritu et le 5 tebitu avoisinent les stations de Mars. On peut donc légitimement supposer que les *emid* dans les deux textes annoncent ces phénomènes. La signification du mot lui-même est une première garantie de succès : *emid*, en effet, signifie tout simplement : restant en place, stationnant.

Mais nous avons en outre à notre disposition plusieurs vérifications astronomiques dont la valeur est moins sujette à caution. Sans s'imposer le travail considérable du calcul *exact* de l'époque des stations des planètes extérieures en — 109, — 110, — 121 et — 122, travail bien inutile, vu que, en général, les planètes à ce point de leur mouvement parcourent à peine *1° en 30 jours*, on peut observer d'abord que toute opposition a lieu à peu près à égale distance de deux stations consécutives ; or les *emid* satisfont à cette condition pour les différentes planètes. Les Tables de Lalande permettent encore deux autres vérifications faciles, basées, l'une sur la considération des *élongations* des planètes, l'autre sur celle de la *longueur des arcs parcourus en sens rétrograde*. Tout cela concourt à montrer que *emid* est le terme technique qui dans les Tablettes planétaires marque les *stations des planètes extérieures*. Nous admettrons donc cette conclusion.

Reste une dernière circonstance remarquable dans le mouvement apparent des planètes, objet de la curiosité des anciens à l'égal des précédentes. Qui ne se rappelle les épithètes de *saevus*, *nimbosus*, etc., que les poètes décernent à plusieurs constellations, au Bouvier, à Orion, à d'autres encore? Les commentateurs, à ces passages, se contentent généralement de dire que le lever ou le coucher de ces astres est accompagné de violentes tempêtes, et plus d'un élève de seconde aura pu se demander comment chaque jour n'était pas orageux, puisque chaque jour se lève et se couche chacune de ces funestes constellations. Mais un instant de réflexion ou un coup d'œil jeté

sur un traité de cosmographie rappelle à l'élève studieux que, la distance angulaire des étoiles au soleil, leur élongation, ne restant pas constante, elles ne se lèvent pas tous les jours à la même heure. Si peut-être il a compris alors que ses auteurs classiques parlaient de levers ou de couchers qui, tout en restant observables, coïncident à peu près avec le lever ou le coucher de l'astre du jour, il ne se sera pas trompé. Nous appellerons, suivant la coutume reçue, du nom de *levers* ou de *couchers héliaques*, ces phénomènes caractéristiques d'époques parfaitement déterminées de l'année solaire. Les anciens, au contraire, ne leur donnaient souvent que la dénomination absolue de *ortus* ou *occasus*. Ils attachaient une grande importance à ces phénomènes astronomiques. Les Égyptiens, en particulier, observaient avec le plus grand soin le lever héliaque de Sirius qui, annonçant le débordement du Nil, leur paraissait ramener la fécondité à leurs champs. Nous verrons tout à l'heure que cette magnifique étoile était l'objet d'une attention tout aussi suivie chez les astronomes de Babylone.

Mais revenons aux planètes. Le P. Epping en retrouva les levers et les couchers héliaques *annoncés* dans les Éphémérides pour 189 et 201 E. S., et *observés* dans les Registres de l'an 7 de Cambyse (— 522 de l'ère chrétienne) (1) et dans ceux du 2e et du 3e siècle avant Jésus-Christ.

Le lever héliaque s'appelle *namir* en assyrien, et le coucher héliaque, *erib*. Dans les deux cas, les astronomes chaldéens ajoutent le nom de la constellation où se trouve la planète au moment du phénomène. Nous lisons, par exemple :

189 E. S. simannu 22 te-ut ina mash-mashu namir.
189 E. S. airu 25 te-ut ina mash-mashu erib.

(1) Zeitschrift für Assyriologie. *Sachliche Erklärung des Tablets n° 400 der Cambyses-Inschriften*, von Jos. Epping, S. J., 1890, pp. 281 et suiv.

ce qui veut dire littéralement :

En simannu, le 22, Jupiter, dans les Gémeaux, se levant.
En airu, le 25, Jupiter, dans les Gémeaux, se couchant.

Les planètes inférieures ont aussi leurs levers et leurs couchers héliaques ; seulement chacun de ces deux phénomènes peut aussi bien se produire quand elles sont étoiles du matin que quand elles sont étoiles du soir. Les Tablettes distinguent parfaitement ces différents cas. Ainsi nous avons, par exemple :

189 E. S. ulûlu I, 25 gut-tu ina elâtu ina absin namir.
189 E. S. ulûlu II, 23 gut-tu ina elâtu ina nûru erib.
201 E. S. nisannu, 2 gut-tu ina eribu ina te-te namir.
201 E. S. airu, 11 gut-tu ina eribu ina mash-mashu erib. (1)

et chacune de ces quatre Éphémérides se traduit respectivement, mot pour mot, par

En ulûlu I, le 25, Mercure, au lever (du soleil), dans la Vierge, se levant.
En ulûlu II, le 23, Mercure, au lever (du soleil), dans la Balance, se couchant.
En nisannu, le 2, Mercure, au coucher (du soleil), dans le Taureau, se levant.
En airu, le 11, Mercure, au coucher (du soleil), dans les Gémeaux, se levant.

Avant d'aller plus loin, récapitulons les diverses étoiles de comparaison citées par les Chaldéens dans lés documents interprétés ici. Ce sont :

kullat nûnu = η des Poissons
mahrû sha rishu ku = β du Bélier
arkû sha rishu ku = α du Bélier
temennu = η des Pléiades
pidnu = Aldébaran ou α du Taureau

(1) Remarquons en passant que *gut-tu* vient de faire tous les frais de nos exemples. Nous aurions pu en apporter bien d'autres, vu que nos deux Tablettes 189 et 201 E. S. à elles seules renferment 26 levers ou couchers héliaques de cette planète. Dans ces conditions, il ne pouvait pas se faire que la fausse interprétation *gut-tu* = Mars ne se trahît pas ici, et c'est précisément en s'occupant de la présente question que le P. Epping reconnut et corrigea son erreur.

shur narkabti sha iltânu = β du Taureau ou la corne septentrionale
shur narkabti sha shûtu = ζ du Taureau ou la corne méridionale
mahrû sha pu-u mash-mashu = η des Gémeaux
arkû sha pu-u mash-mashu = μ des Gémeaux
mash-mashu sha ri'û = γ des Gémeaux
mash-mashu mahrû = α des Gémeaux ou Castor
mash-mashu arkû = β des Gémeaux ou Pollux
arkû sha nangaru sha shûtu = δ du Cancer ou l'Ane méridional
rîshû aru = ε du Lion
sharru = Regulus ou α du Lion
mâru sha arkat sharru (?) = ρ du Lion (?)
zibbat (?) arû = β du Lion
shêpu arkû sha arû = γ de la Vierge
shur mahrû shirû = β de la Vierge
sa sha shirû = α de la Vierge
nûru sha shûtu = α de la Balance
nûru sha iltânu = β de la Balance
qablu (et qâbu) sha rishu aqrabi = δ (et β) du Scorpion
hurru = Antarès ou α du Scorpion
kashshud sha katar pa = ϑ d'Ophiuchus
qarnu shahû = α et β du Capricorne
mahar sha hi-na shahû = γ du Capricorne
arkat sha hi-na shahû = δ du Capricorne.

Grâce aux résultats acquis, il nous est loisible, à cette heure, de déterminer l'étendue respective des constellations écliptiques citées dans les Tablettes chaldéennes et de les comparer avec les nôtres. Que les mots *mash-mashu*, *nangaru* et autres analogues fussent des noms de constellations, ou, si l'on veut, de plages définies de la voûte céleste, ce n'était, somme toute, qu'une hypothèse, — très plausible, il est vrai. Déterminer en degrés de longitude les portions de l'écliptique auxquelles elles correspondent respectivement, revient à faire la critique de cette hypothèse. Il suffit à cette fin de tenir note des longitudes que le calcul assigne aux diverses planètes renseignées comme se trouvant, à un moment donné, par exemple dans *mash-*

mashu. Se fait-il que les régions ainsi revendiquées par ce que nous supposons être des noms de constellations, n'empiètent pas les unes sur les autres, ou mieux n'empiètent que dans des limites explicables par des erreurs de calcul, la preuve sera complète ; l'hypothèse était bonne. C'est ce que l'on établit sans la moindre peine au moyen des tableaux du Mémoire original et des travaux qui le suivirent. Nous dressons ici un tableau des résultats obtenus : à chacune des constellations chaldéennes répond, à quelques degrés près, celle de nos constellations qui est inscrite en regard dans ce tableau.

ku	= Bélier,	aru	= Lion,	pa	= Sagittaire,
te-te	= Taureau,	ki	= Vierge,	shahû	= Capricorne,
mash-mashu	= Gémeaux,	nûru	= Balance,	gu	= Verseau,
nangaru	= Cancer,	aqrabu	= Scorpion,	zib	= Poissons.

On préfère lire aujourd'hui l'idéogramme de la constellation du Bélier *ku (sarikku)*, celui du Taureau *te (mennu)*, celui du Cancer *pulukku*, celui de la Vierge *sherû*, celui de la Balance *zibanitu*, et celui du Capricorne *enzu*.

La signification de chacun de ces mots en assyrien n'est pas encore parfaitement éclaircie. A s'en rapporter à l'étude philologique du P. Strassmaier (1), il serait probable que *mash-mashu* = jumeaux, *aqrabu* = scorpion, *pa* = sceptre, *shahû* = bouquetin, *ku* = chien et enfin *zib* ou *nu-nu* = poissons.

Le livre *Astronomisches aus Babylon* renferme une planche représentant deux spécimens du zodiaque babylonien. Les animaux que nous venons de citer, à part les poissons, y sont représentés ; on y voit encore d'autres objets : une lyre, un corbeau, etc., qui certainement n'appartiennent pas au zodiaque. Il y a aussi une lampe ; c'est sans doute *nûru* (= lumière). La Tablette n° 400 des Inscriptions de Cambyse favorise sérieusement cette con-

(1) *Astronomisches aus Babylon*, pp. 166 et suiv.

jecture (1). On y voit que κ de la Vierge fait partie de la constellation *nûru :* or, l'ensemble des étoiles de la Balance jointes aux premières du Scorpion et au groupe voisin de κ de la Vierge rend assez bien la figure de la lampe babylonienne. On trouve encore dans ce zodiaque une tortue, c'est peut-être *nangaru ;* puis, une figure à deux bras : celle-ci pourrait bien représenter le Tigre et l'Euphrate, qui remplaceraient notre Éridan.

Les phénomènes planétaires des Tablettes 189 et 201 E. S. ont été tous passés en revue. Elles ne s'occupent pas, par exemple, des conjonctions de la lune avec les diverses planètes ou des planètes entre elles. La Tablette cambysienne déjà citée plus haut indique quelques phénomènes de ce nouveau genre, et cela avec une si frappante exactitude, que ce détail seul suffirait à montrer que cette Tablette ne renferme pas des Éphémérides, mais des observations.

Néanmoins, sur les Tablettes 189 et 201 E. S. elles-mêmes, il reste encore une quinzaine d'indications à déchiffrer. Six d'entre elles se rapportent à un même objet céleste, nommé *kak-ban*. Nous y avons déjà fait allusion. Ce sont deux couchers héliaques, *erib ;* deux levers héliaques, *namir ;* et deux *ana me e-a*, c'est-à-dire deux oppositions de l'astre *kak-ban*. Tous les noms des planètes connues des anciens ont été distribués. Le dernier astre ne peut donc être qu'une étoile fixe : c'est Sirius, le calcul le montre. Aucune autre étoile importante ne peut s'accommoder des positions indiquées par les Tablettes.

Les huit dernières prédictions des Éphémérides (quatre sur chacune des deux Tablettes) ne citent ni planète, pas même la lune, ni étoile. Elles auront probablement

(1) Zeitschrift für Assyriologie, 1890, *loc. cit.*, p. 284.

trait au soleil. C'est de cette idée que partit le P. Epping, qui trouva bientôt que ces notes visaient les *quatre saisons* de l'année. Voici le texte de ces notes pour 189 E. S., les dates correspondantes du calendrier julien et le nombre des jours d'intervalle entre ces dates :

189 E. S.	7 dûru man du = — 122, 27 juin.	91 jours.
	10 ulûlu shuqalulu shatti = — 122, 26 septembre.	91 jours.
	13 kislinu man du = — 122, 27 décembre. . . .	92 jours.
	16 adaru shuqalulu shatti = — 121, 29 mars. . .	

Il semble que les Babyloniens aient fait de l'équinoxe de printemps le point origine de leur division de l'année et qu'ils aient moins cherché à mettre cette division en accord avec la position du soleil qu'à lui donner des parties sensiblement égales. Quant aux expressions techniques employées ici, elles paraissent vouloir dire : *man-du* = *manzazu shamash* = arrêt du soleil, solstice ; et *lal mu* = *shuqalulu shatti* = égalité de l'année, équinoxe.

Ajoutons un dernier résultat important. Trois Tablettes interprétées tout récemment par le P. Epping (1), et signalées plus haut comme renfermant des résultats d'observations, ne sont pas pourtant de simples registres rédigés au jour le jour à l'inspection du ciel étoilé. Ce sont des compilations systématiques d'observations faites sur les planètes à des époques différentes pour chacune d'elles et disposées dans le but évident de préparer les Éphémérides pour une prochaine année. En effet, les astronomes chaldéens avaient découvert les périodes de la course apparente des planètes ; ils savaient après combien d'années les mêmes positions de ces astres errants se reproduisent aux mêmes jours de l'année solaire. Nous laissons à penser ce qu'il fallut d'observations et d'études soigneuses des résultats de ces observations pour découvrir cette périodicité parfois multiple, par exemple pour

(1) Zeitschrift für Assyriologie, 1890 et 1891, *loc. cit.*

Mars et Jupiter. Quoi qu'il en soit, les Babyloniens avaient établi les cycles suivants des planètes : Vénus, 8 ans; Mercure, 46; Saturne, 59; Mars, 32, ou 47, ou encore 79 (c'est-à-dire 32 + 47); Jupiter, 83 ou 83 ± 12. Cela étant, que faisait le calculateur chargé d'établir les Éphémérides planétaires d'une année à venir ? Supposons qu'il s'agisse de 236 E.S., et imaginons qu'il commence par Vénus : 236 moins 8 (valeur de la période de Vénus) font 228; en 228 E.S., se disait-il, les phénomènes ont été ce qu'ils seront en 236. Il consultait donc les registres de 228 E.S., y réunissait les stations, les levers héliaques, etc.... Pour Saturne, il consultait de même les registres de 177 E.S.; car 177 + 59 = 236. Et ainsi de suite. Or voilà précisément le travail que nous trouvons tout fait dans les trois Tablettes dont nous parlions : la Tablette désignée par R_m 678 vise précisément l'année 236 E. S. ou —75 de notre ère ; la Tablette S. + 1949, l'année 118 E. S. = — 193; et la Tablette de Philadelphie, l'année 235 E. S. = — 86.

Mais nos tables astronomiques actuelles n'auraient-elles rien à gagner à tenir compte de ces observations si anciennes? N'y a-t-il pas là des éléments précieux de correction ou tout au moins de vérification?

Si l'on entend parler de nos tables planétaires, la réponse à cette question paraît devoir être négative. Les indications babyloniennes du temps des observations ne sont pas assez précises, les unités de mesure employées pour les distances angulaires sont trop considérables, et les chiffres donnés par les Tablettes paraissent n'être parfois que le résultat d'une simple estimation au jugé. Un seul genre de phénomènes pourrait servir de base à un travail d'une valeur certaine : ce seraient des occultations d'étoiles fixes par les planètes, à condition, bien entendu, qu'elles fussent indiquées sans ambiguité possible dans les documents chaldéens.

Les observations de la lune, par exemple de ses levers au moment de son plein, rapportés aux couchers de soleil presque simultanés, offrent des garanties plus sérieuses. Il faudrait sans aucun doute, pour en tirer parti, posséder une détermination exacte de l'horizon de Babylone; mais, sur ce sujet même, on a aujourd'hui beaucoup de données.

CONCLUSIONS.

Avant de clore ce travail, rassemblons ici en tableau l'ensemble de tous les résultats acquis sur le terrain de l'astronomie babylonienne; nous jugerons mieux par là des progrès réalisés. Nous grouperons ces résultats en deux classes : les uns intéressant la chronologie, les autres l'astronomie et particulièrement l'histoire de cette science.

RÉSULTATS CHRONOLOGIQUES.

Le commencement de l'ère des Séleucides (E. S.) et celui de l'ère des Arsacides (E. A.) sont fixés avec une certitude qui désormais ne permet plus la moindre hésitation. Ces ères sont avec l'ère chrétienne (E. C.) dans la relation suivante :

$$189 \text{ E. S.} = 125 \text{ E. A.} = -122 \text{ E. C.}$$

L'ère des Séleucides commence donc en —310 et celle des Arsacides en — 246.

La question de la mesure du temps en Chaldée, sur laquelle le chronologiste Ideler n'avait que des conjectures, est résolue en grande partie. Les années de l'ère des Séleucides sont lunisolaires; leurs mois sont lunaires, tantôt pleins ou de 30 jours, tantôt caves ou de 29 jours. La règle d'intercalation du 13^{e} mois, nécessaire, de temps en temps, pour ramener l'accord entre les mois lunaires et l'année solaire, nous reste inconnue.

L'année séleucidienne commence avec le mois de nisan, par conséquent, au printemps.

Le jour civil babylonien commence au coucher du soleil ; mais le jour astronomique, employé dans les Tables de calcul, avait son origine à minuit.

La division du jour en 24 heures, 12 de jour et 12 de nuit, était en usage à Babylone, mais les astronomes préféraient, pour leurs calculs, le partager en 6 parties principales, sous-divisées chacune en 60 parties, que nous avons appelées degrés de temps ($1^\circ = 4^m$), lesquels eux-mêmes se sous-divisaient en 60 parties, et ainsi de suite.

RÉSULTATS ASTRONOMIQUES.

A. *Tables de calcul.*

Elles contiennent une méthode complète de calcul pour la détermination de la lune vraie, comprenant :

Le calcul du temps dont le dernier lever de lune avant la conjonction précède le lever du soleil ;

La détermination de la nouvelle lune ;

Le calcul de l'intervalle de temps de la nouvelle lune à la néoménie.

Tout cela repose sur une connaissance remarquablement exacte de la durée du mois synodique moyen ; du mois anomalistique moyen ; de la vitesse moyenne de la lune et, par suite, du mois sidéral. On ne voit pas bien si les Babyloniens distinguaient les différentes sortes d'années ; mais ils avaient une connaissance assez approchée des vitesses maximum de la lune et du soleil et aussi de la loi suivant laquelle varie la vitesse du soleil aux diverses époques de l'année.

B. *Tablettes planétaires.*

I. ÉPHÉMÉRIDES LUNAIRES.

Elles donnent, calculées d'avance pour chaque mois, les circonstances les plus caractéristiques d'une révolution lunaire, à savoir :

Le temps pendant lequel le croissant lunaire nouvellement réapparu restera au-dessus de l'horizon ;

L'intervalle de temps qui sépare le dernier lever de lune avant la conjonction et le lever du soleil ;

Deux couchers de pleine lune dont l'un précède et l'autre suit le lever du soleil ;

Deux levers de pleine lune dans les mêmes conditions.

Les mêmes Tables renferment, mêlées aux indications sur la marche des planètes, les éclipses de soleil et de lune de l'année et leurs conditions de visibilité à Babylone.

II. ÉPHÉMÉRIDES PLANÉTAIRES.

On y trouve l'annonce des conjonctions des planètes et des étoiles zodiacales importantes ; des oppositions des planètes ; de leurs stations ; de leurs couchers et de leurs levers héliaques.

Les oppositions, les levers et les couchers héliaques de Sirius y sont aussi prédits.

Les saisons astronomiques s'y trouvent déterminées.

Nous avons parcouru les diverses parties des monuments astronomiques de Babylone avec un sentiment d'admiration toujours croissant pour les habiles interprètes de ces mystérieuses inscriptions. Avant eux, tout essai d'explication avait complètement échoué. Aujourd'hui le voile est tombé, les ténèbres se dissipent, le jour se lève. L'astronomie babylonienne et son magnifique développement, plusieurs siècles déjà avant l'ère chrétienne, se présentent à nos regards étonnés. Si quelques détails restent encore dans l'ombre, n'en doutons pas, nos infatigables et heureux chercheurs, et les savants travailleurs qui à leur suite s'élancent dans la voie ouverte, ne tarderont pas à les éclaircir.

APPENDICE

Deux assyriologues très connus, M. Oppert et M. Eb. Schrader, se sont posés en adversaires du P. Epping au sujet de l'ère des Arsacides. Leur tort est manifeste : chacune des lignes de nos Tablettes rend témoignage contre eux. Un des deux, il est vrai, M. Oppert, semble avoir abandonné la partie. Au surplus, si nous voulions trancher la question par voie d'autorité, nous rapporterions ce fait significatif : un astronome distingué, fort versé dans la chronologie des peuples de l'ancien Orient, M. le Dr Mahler, après une discussion très attentive des travaux du P. Epping, vient d'abandonner son opinion sur l'ère des Arsacides pour se ranger du côté de son ancien contradicteur.

Citons encore une Note du Dr Oppert publiée dans les *Comptes rendus* de l'Académie des sciences en novembre 1890, et développée dans un Mémoire paru dans la livraison de novembre-décembre 1890 du *Journal asiatique*. Sous le titre : *Un Annuaire astronomique babylonien*, ces deux travaux donnent une traduction du n° 400 des Inscriptions de Cambyse. En somme, c'est la reproduction de l'interprétation du P. Epping parue dès le mois d'octobre précédent dans la *Zeitschrift für Assyriologie*, à part ceci, qu'un certain nombre d'erreurs y ont été introduites. Nous relèverons seulement un point. M. Oppert attaque l'interprétation des données numériques chaldéennes du commencement et de la fin du mois. D'après le P. Epping, on y trouve, par exemple au 1er du mois, le temps pendant lequel le croissant lunaire, nouvellement réapparu, reste visible avant son coucher. Ce temps est exprimé en degrés équatoriaux, qui valent 4 minutes. A cela M. Oppert oppose que le degré pour le mouvement de la lune est de une heure et trois quarts, en moyenne. Il n'a donc pas vu qu'il s'agissait, non pas du mouvement propre de la lune

sur la sphère céleste, mais du mouvement résultant de la combinaison de ce mouvement propre avec le mouvement diurne qui emporte le ciel tout entier et la lune avec lui.

C'est ce que le P. Epping lui-même vient de signaler, entre autres choses, dans sa réponse au mémoire de M. Oppert (1). Des observations de ce dernier accompagnent cette réponse. Le savant académicien y revendique pour lui et pour un assyriologue anglais, M. Sayce, l'honneur d'avoir découvert le sens des termes astronomiques chaldéens. Nous y lisons notamment la phrase suivante : « La fixation des mois, des régions du soleil (ciel?), de *devant*, *arrière*, *au-dessus*, *au-dessous*, *journée*, *jour*, *nuit*, *soir*, *matin*, *crépuscule*, *culmination*, *midi*, *minuit*, *lever*, *coucher*, *apparition héliaque*, *conjonction*, *opposition*, *syzygie*, *quartier*, *croissant*, *droite*, *gauche*, *temps juste*, *heure*, *minute*, *doigt de l'éclipse*, *degré*, *horizon*, *nœud de la lune*, *point nodal*, *milieu de l'éclipse*, *observation*, *éclipse* égale à *defectus*, *application astrologique* et bien d'autres encore ne sont pas du P. Epping, mais en très grande majorité de moi. » En définitive, tout était fait avant le P. Epping.

M. Sayce, pour sa part, n'est pas de l'avis de M. Oppert, tant s'en faut. Rendant compte de l'ouvrage du Dr Jensen, *Die Kosmologie der Babylonier*, et de l'*Astronomisches aus Babylon* des PP. Epping et Strassmaier, il écrit dans la *Critical Review* d'Édimbourg (1891, 2e livraison) :

« C'est un malheur pour le Dr Jensen que cette partie (le commencement) de son livre fût imprimée avant l'apparition de l'*Astronomisches aus Babylon*. Les nombreuses Tablettes astronomiques de la période des Séleucides trouvées à Babylone et actuellement au British Museum, où le Dr Strassmaier les a copiées, ont permis à son collègue, le Dr Epping, de reconstituer la science astronomique de l'ancienne Babylone, d'en déterminer la nature et l'éten-

(1) JOURNAL ASIATIQUE, 1891, tome XVIII, nº 1, juillet-août, pp. 186 et suiv.

due, à tout le moins au troisième ou au second siècle avant J.-C. (1). Il a découvert les noms babyloniens du zodiaque et établi d'une façon définitive leur origine chaldéenne; en outre, il a identifié les noms des planètes et d'un bon nombre d'étoiles fixes. *Le problème que le Dr Oppert et, postérieurement, M. Bosanquet et moi-même nous sommes efforcés de résoudre, il y a bien des années, à l'aide de matériaux imparfaits, vient de céder maintenant devant l'habileté paléographique du Dr Strassmaier et la science astronomique du Dr Epping.* »

La vérité ne serait-elle pas du côté de la modestie ?

J. D. Lucas, S. J.

(1) M. Sayce ne parle ici que des résultats obtenus dans l'*Astronomisches aus Babylon*. Nous avons vu que la Tablette Cambysienne n° 400 nous ouvre une vue sur l'astronomie chaldéenne *au commencement du* VIe *siècle avant J.-C.*

LA PRODUCTION ARTIFICIELLE

DU FROID (1)

Quand on veut honorer les physiciens, on les loue d'avoir établi la théorie de la Lumière et d'avoir asservi l'Électricité : on oublie qu'ils n'ont pas eu moins de difficultés à surmonter pour congeler le sulfure de carbone à la température de — 130° et pour liquéfier l'oxygène ; on a le tort plus grand encore de ne pas leur tenir compte de l'invention des machines frigorifiques, dont la théorie est admirable et les applications innombrables. L'exposé des découvertes faites dans cette voie constitue cependant un des plus beaux chapitres de la Physique et une des pages les plus intéressantes de son histoire : voilà qui justifie le choix de notre sujet.

Fontenelle sollicitait un jour de ses auditeurs « la même application qu'il faut donner au roman de la princesse de Clèves, si l'on veut en bien suivre l'intrigue et en connaître toute la beauté » ; Arago adressait la même demande à ceux qui étaient venus l'entendre sous la cou-

(1) Conférence faite à Gand, le 29 octobre 1891, à la session de la Société scientifique de Bruxelles.

pole de l'Institut de France. Nos lecteurs penseront avec nous que l'exposé simple et lucide d'une théorie qui a coûté cent ans de travaux et de recherches aux physiciens et aux ingénieurs vaut bien le fade récit d'un auteur

" ...dont la fertile plume
Peut tous les mois sans peine enfanter un volume „.

I

Le froid n'existe pas, à vrai dire, ou du moins il n'a pas de réalité objective; sa définition repose uniquement sur une sensation du sujet. En effet, à l'équateur, un nègre africain grelotte et déclare qu'il a froid, dès que la température de l'air tombe au-dessous de 30°; pour nous, habitants des zones tempérées, le froid commence à la température de congélation de l'eau, et nous comptons des températures négatives à partir de ce zéro de convention; mais un Groënlandais, qui boit de l'huile, parce qu'il ne connaît plus l'eau à l'état liquide, inscrirait le zéro de son thermomètre, s'il en avait un, à la température de solidification du mercure, c'est-à-dire à — 40°. En somme, le froid, qui correspond, dans nos discours, à la présence d'une quantité de chaleur inférieure à celle que les corps possèdent habituellement ou à une température moindre que celle du milieu, ne peut être considéré comme une entité. Si les physiciens ont une notion fort exacte de ce qu'ils appellent le froid absolu (nous dirons plus loin ce que c'est), les profanes ne font qu'énoncer une impression toute relative en parlant du froid en général.

Dire que l'on crée du froid est donc une expression tout à fait incorrecte, car on ne crée pas ce qui n'est pas, et pourtant il nous sera assez difficile d'éviter cette locution, bien que nous la condamnions, parce que nous n'avons pas d'autre moyen d'exprimer le fait de l'abaissement de la température d'un corps au-dessous de celle des corps

environnants. Cette explication donnée, on nous pardonnera les mots de *production du froid,* qu'il nous a fallu inscrire en tête de ce travail.

Pour abaisser la température d'un corps en dessous de celle du milieu dans lequel il se trouve, il faudrait lui soustraire du calorique : ce serait le moyen le plus simple de le refroidir. Malheureusement, s'il est facile d'échauffer une masse en lui cédant des calories, il est impossible d'abaisser sa température en lui en prenant, car on n'a pas encore découvert de procédé direct pour soutirer la chaleur.

Le refroidissement par rayonnement a un caractère de spontanéité qui facilite son utilisation, en dispensant le physicien de toute intervention : pour le réaliser, il suffit de mettre le corps à refroidir en face d'un autre qui possède moins de chaleur que lui ; si la température de ce dernier est inférieure à celle du milieu, il en résultera du froid pour le premier. C'est ce procédé indirect qui est mis en œuvre dans la nature : le rayonnement nocturne, s'exerçant vers les espaces planétaires, abaisse la température du sol au-dessous de celle des corps environnants et de l'air ambiant ; c'est ainsi que, par une nuit sereine, quand le ciel est entièrement découvert, il peut se produire une gelée blanche, sans que la température de l'air descende à zéro. Le fait avait été observé même au Bengale, et le Dr Wells nous rapporte, dans son *Essai sur la Théorie de la rosée,* qu'on y employait, de temps immémorial, ce procédé pour obtenir de la glace. On creusait des fossés peu profonds, au fond desquels on étalait une couche de paille, et l'on y plaçait des bassins plats en terre, contenant une couche mince d'eau bouillie. Pendant la nuit, le liquide rayonnait de la chaleur vers des espaces qui ne lui en rendaient pas, et le matin l'eau était transformée en glace. Le procédé était ingénieux et le résultat obtenu devait être grandement apprécié dans un pays où il ne gèle jamais par abaissement de température de l'air. En

Europe, il n'y a pas de raison d'utiliser le refroidissement nocturne, qui ne produit que des dégâts, surtout dans la période de la lune rousse.

S'il n'existe pas de procédé direct de frigorification, ne pourrions-nous du moins trouver aucun moyen indirect de faire perdre aux corps leur provision de calorique, rapidement et à notre gré ?

On a cherché bien longtemps la solution de cet intéressant problème, qui semblait défier l'habileté des physiciens. Pour faire comprendre l'originalité et l'ingéniosité de la méthode adoptée, nous allons employer une comparaison. Quand on veut appauvrir un homme auquel on ne peut rien prendre, il n'y a qu'une façon d'opérer : qu'on lui fournisse l'occasion de s'appauvrir lui-même en dépensant ses ressources ; s'il succombe à la tentation que nous aurons fait naître, il sera bientôt réduit à la plus extrême misère. Tout cela est machiavélique, nous ne le nions pas, mais ce n'est qu'un apologue, auquel nous avons eu recours pour faire saisir en peu de mots le mécanisme des appareils frigorifiques. C'est en effet ainsi que nous venons de l'exposer que procède le physicien qui veut refroidir un corps : l'occasion de dépense qu'il lui fournira sera une occasion, voire une nécessité de produire un travail extérieur.

Le premier principe de la thermodynamique, appelé le *principe de Mayer*, nous apprend que tout travail est le prix d'une dépense de chaleur : que le corps développe donc un travail au dehors en transformant sa propre chaleur, et il se refroidira nécessairement, d'autant plus rapidement que le travail fourni par lui aura été plus considérable.

Ce travail pourra affecter des formes diverses. Une détente d'un gaz est un travail, parce que l'accroissement de volume s'effectue malgré et contre la pression du milieu ambiant, qui s'y oppose ; en se détendant, un gaz comprimé fera donc baisser sa température, et l'expérience

le montre bien, attendu que c'est ainsi que M. Cailletet a réussi à abaisser suffisamment la température des gaz, réputés incoërcibles autrefois, pour provoquer leur liquéfaction. Nos lecteurs se rappellent l'émotion causée, en 1878, par cette expérience fameuse, admirablement préparée par les beaux travaux d'Andrews, dont on n'avait pas compris jusque-là toute la portée : à 15°, l'air résistait à une pression de 800 atmosphères sans cesser de rester gazeux, alors même que sa densité était devenue voisine de l'unité; mais il suffisait de lui permettre de se détendre rapidement pour qu'on le vît ruisseler sur les parois du tube dans lequel il avait été comprimé et refroidi.

Mais il y a une autre forme de travail ; on l'appelle un travail physique, par opposition au précédent qui était entièrement mécanique. Prenons un liquide volatil et mettons-le dans les conditions voulues pour qu'il se vaporise : l'eau augmentera 1700 fois de volume en passant de l'état liquide à l'état de vapeur et, pour ce faire, elle devra refouler l'atmosphère et désagréger sa masse en séparant ses molécules. Ce double travail mécanique et physique, extérieur et intérieur, coûte son équivalent en chaleur. Aussi voyez ce qui se passe quand Leslie place une goutte d'eau sous la cloche de la machine pneumatique, à côté ou mieux au-dessus d'une large capsule de verre remplie d'acide sulfurique concentré. Le liquide bout et s'évapore dans le vide, et ses vapeurs sont absorbées, au fur et à mesure de leur formation, par l'acide avide d'eau, ce qui accélère le phénomène ; bientôt le liquide restant prend l'état solide. Cette belle expérience a été publiée en 1810 dans les *Annales de Gilbert*. M. Carré l'a modifiée en construisant une machine pneumatique spéciale sur laquelle on adapte des carafes dans lesquelles l'eau se congèle en grandes masses avec une extrême rapidité. Il est intéressant de noter que si l'eau perd du calorique, l'acide en gagne une quantité égale (1).

(1) Deleuil faisait l'expérience de Leslie dans une capsule de liége dont le défaut de conductibilité hâte la congélation de l'eau.

Avec un liquide plus volatil que l'eau, tel que l'alcool, l'éther, le chloroforme, le chlorure de méthyle, l'ammoniaque, l'acide carbonique ou sulfureux liquéfiés, l'abaissement de température est encore plus marqué, parce que l'évaporation est plus rapide; mais il faut gazéifier plus de liquide, car la chaleur de vaporisation, c'est-à-dire la chaleur absorbée par le changement d'état, est généralement moindre que pour l'eau. A zéro, la chaleur de vaporisation de l'eau est égale à 606,5 calories, alors que celle de l'acétone est 140, de l'éther 94, du sulfure de carbone 90 et du chloroforme 67. MM. Cailletet, Mathias et de Strombeck ont déterminé ces mêmes constantes pour plusieurs gaz liquéfiés (1); ils ont trouvé les résultats suivants :

	CHALEUR DE VAPORISATION	TEMPÉRATURES
Acide sulfureux	87.32 calories	à 10°, 5
Acide carbonique	56,25 „	0°
Protoxyde d'azote	54,45 „	5°,27
Ammoniaque	297 „	17°

Pour l'éthylène liquide, on ne connaît point encore exactement la quantité de chaleur absorbée par l'évaporation, mais on sait que ce liquide a permis à MM. von Wroblewski et Olzewski de liquéfier, en 1883, de grandes quantités d'oxygène, d'azote et d'oxyde de carbone (2).

La dissolution d'un corps soluble dans son diluant est encore un phénomène dans lequel il se produit un travail intérieur considérable, et c'est le procédé mis en œuvre dans l'application des mélanges réfrigérants. Voilà pour le coup de la vieille physique, car les propriétés de l'azotate d'ammoniaque et celles d'un mélange intime de

(1) Voir en particulier un travail de M. Mathias *Sur la chaleur de vaporisation des gaz liquéfiés*, publié dans le BULLETIN DES SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE, le 2 mai 1890, et une étude de M. de Strombeck dans le JOURNAL DE L'INSTITUT FRANKLIN.

(1) ANNALES DE WIEDEMANN, tome XX, p. 243.

chlorure de sodium et de neige sont connues depuis longtemps; le chlorure de calcium donne encore de meilleurs résultats que le chlorure de sodium, et la première remarque paraît en avoir été faite par Bayle, dès 1665. Réaumur, Fahrenheit, Walker, Fourcroy et Vauquelin étudièrent la question à fond, et c'est à ces physiciens que nous devons ces listes de mélanges réfrigérants que ne manque pas de reproduire tout traité de physique qui se respecte. Nous sacrifierons à la mode en rappelant le mélange de 8 parties de sulfate de soude et de 5 d'acide chlorhydrique, qui donne un abaissement de température de 17 degrés (1). Ajoutons que si les mélanges réfrigérants sont connus depuis longtemps, on aurait tort de croire que leur action fût expliquée : le *comment* est ancien, le *pourquoi* est tout à fait moderne. Du reste, les mélanges d'autrefois sont bien distancés par l'emploi des pâtes formées avec de la neige d'acide carbonique et l'éther, dont l'action frigorifique est extrêmement remarquable.

Voilà donc de nombreux procédés indirects pour refroidir les corps au-dessous de la température du milieu dans lequel ils sont plongés. En les combinant habilement, les physiciens ont obtenu des températures auxquelles l'alcool devient visqueux comme un sirop épais et les gaz dits permanents prennent l'état liquide. On descend fort au-dessous de — 100°; toutefois il est extrêmement difficile de dire exactement la température réalisée, car le thermomètre à gaz peut seul fournir à cet égard quelque donnée précise. M. Pictet croyait être arrivé à — 130°; MM. von Wroblewski et Olzewski ont relevé des températures de — 135°,8 à l'aide d'un thermomètre à hydrogène, et ils ont vu l'alcool sous forme d'une gelée blanche et le

(1) Dire qu'un mélange réfrigérant donne un abaissement de 17 degrés ne signifie pas qu'on pourrait produire une température de — 47° si l'on partait par exemple de — 30°, car il se formerait des cryohydrates solides contenant une grande proportion d'eau de cristallisation; le changement d'état cesserait donc d'avoir lieu, et par le fait même le refroidissement s'arrêterait, ainsi que l'ont démontré MM. Guthrie et Raoult.

sulfure de carbone sous forme solide : nul autre physicien n'a fait mieux qu'eux jusqu'à ce jour. Mais on descendra certainement plus bas, et nous ne désespérons pas de voir l'hydrogène lui-même sous la forme d'un barreau métallique, qu'on pourra percer, limer, tourner et polir.

La limite extrême vers laquelle on tendra sans jamais y atteindre sera la température de — 273°, appelée le *zéro absolu* : c'était la température du chaos, ce sera celle de nos mondes, lorsque le Soleil aura épuisé l'énergie que le Créateur lui a communiquée, quand les étoiles seront éteintes et que tout l'univers sera entré au repos après s'être concentré en une masse unique. La chaleur produite par cette dernière convulsion se dissipera dans l'espace, et les molécules cesseront elles-mêmes de vibrer ; ce sera la réalisation du froid absolu. En même temps qu'il dira qu'il n'y a plus de temps, l'Ange dira qu'il n'y a plus de chaleur, et cette parole marquera la fin de l'œuvre de Dieu.

II

Il n'a été question jusqu'ici que des procédés de laboratoire, permettant d'abaisser suffisamment la température d'un liquide pour le solidifier ou d'une vapeur pour la liquéfier. Or, le problème pratique se pose d'une manière tout autre : il ne s'agit plus de congeler du mercure dans un petit tube ou de préparer une goutte d'oxygène ou d'ozone, mais on nous demande des réfrigérants puissants et continus, par lesquels on puisse soutirer le calorique d'une façon suivie et maintenir pendant des jours et des mois, s'il le faut, les basses températures obtenues. En d'autres termes, l'industrie a besoin de machines frigorifiques. Le physicien, devenu ingénieur, a su réaliser cette nouvelle merveille, en utilisant les données de la Thermodynamique, la reine incontestée des sciences modernes.

Pour bien expliquer le jeu de ces appareils, il est nécessaire de remonter aux principes généraux des machines thermiques. La chose est étrange, et vraiment digne de notre attention : pour comprendre le fonctionnement de la machine à glace, il faut d'abord connaître celui de la machine à feu. L'antithèse est frappante dans les mots, mais l'analogie des moyens est étonnante.

Dans la machine à feu, on se donne pour objectif de créer du travail en dépensant de la chaleur. L'âme de ces moteurs, j'allais dire de ces transformateurs, est le foyer dans lequel on brûle un combustible : ce foyer se retrouve dans toutes ces machines, qu'elles soient à vapeur, à air chaud ou à gaz tonnant. Les calories produites par la réaction chimique constituant la combustion sont portées, par un fluide qui leur sert de véhicule, au cœur d'un cylindre, dans lequel elles deviennent des kilogrammètres. Voici comment les choses se passent. Le fluide, vapeur ou gaz, est échauffé au contact du foyer, et il se dilate derrière un piston mobile qu'il pousse devant lui ; mais ce mouvement ne peut se continuer indéfiniment, car la course d'un piston est nécessairement limitée, et il faut bien qu'il s'arrête à un moment donné. On fera rétrograder ce piston en déterminant une contraction du fluide par l'intervention d'un corps relativement froid qui reprendra une partie du calorique cédé par le foyer. Puis le foyer agira de nouveau, et un nouvel apport de chaleur produira une dilatation qui refoulera le piston en avant ; la succession de ces phénomènes engendrera un mouvement alternatif périodique du piston, lequel sera transformé, par le système d'une bielle et d'une manivelle, en un mouvement rotatif de l'arbre de couche et du volant.

L'ensemble de ces opérations correspondantes à un tour forme un cycle, qui est fermé et qui se répète sans modification.

Le type de ces cycles est celui de Sadi Carnot ; il est classique et bien connu de nos lecteurs. Le fluide évolue

entre deux températures limites, l'une T supérieure, qui est celle du foyer, l'autre t inférieure, qui est celle du corps froid, en subissant tour à tour une détente et une compression qui le ramènent à son état initial. Ce cycle se compose donc de deux phases, l'une d'addition, l'autre de soustraction de calorique, à température constante, c'est-à-dire suivant une ligne *isothermique,* séparées par une détente et une compression dites *adiabatiques*, parce qu'elles s'effectuent sans aucune transmission au dehors (ἀ privatif, διά à travers, βαίνω je marche), sans aucune intervention des parois, donc sans perte ni gain de chaleur. Le fluide, pris à un certain état, est échauffé par le foyer et maintenu à sa température même, pendant qu'il augmente de volume; puis, on le sépare du foyer, et il continue de se détendre en transformant sa propre chaleur en travail, ce qui provoque fatalement un abaissement de sa température : c'est la première phase.

La seconde phase comprend une compression à température constante au contact d'un corps plus froid que le foyer, suivie d'une compression adiabatique qui a pour effet de ramener la température à sa valeur initiale, parce que le fluide bénéficie de la chaleur équivalente au travail dépensé dans cette compression. Une certaine quantité de chaleur disparaît dans cette série d'opérations, car la chaleur Q cédée par le foyer est plus grande que la quantité q reprise; d'autre part, un certain travail $\mathcal{T}$ est créé dans le cycle, parce que la détente de la première phase donne plus de travail qu'on n'en applique à la compression de la seconde phase. En somme, la chaleur Q—q donne, par transformation, le travail $\mathcal{T}$.

Les considérations précédentes, que nous avons énoncées de la manière la plus élémentaire et la plus simple, étaient indispensables à notre étude, car elles mettent en pleine lumière le jeu des machines thermiques, dont la fonction est de faire des kilogrammètres en consommant des calories, et elles vont nous permettre de donner, en

fort peu de mots, la théorie des machines frigorifiques, dont la fonction est de faire de la glace en consommant des kilogrammètres. Dans les premières, on prend du calorique au foyer pour créer du travail ; dans les secondes, on dépense du travail pour soutirer du calorique aux corps. Les fonctions sont donc interverties.

Pour renverser ainsi la fonction, il n'y a qu'à renverser la série des opérations et à intervertir le cycle. Au lieu d'échauffer un fluide pour utiliser sa détente isothermique et adiabatique, comprimons-le, en lui enlevant au fur et à mesure de sa production, la chaleur produite du chef de cette compression, de manière à ce que sa température reste constante quand même. Nous permettrons ensuite au fluide de se détendre pour le ramener à son volume primitif : le cycle se fermera de la sorte.

Qu'avons-nous fait en définitive ?

Nous avons effectué tout le contraire de ce qui avait constitué le cycle de la machine thermique. Au point de vue thermique, nous avons repris d'abord du calorique au lieu d'en céder, puis nous avons provoqué une détente sans fournir de calorique, alors que tout à l'heure cette détente était obtenue aux dépens du calorique du foyer : en somme, au lieu de consommer $Q-q$ calories, nous en consommons $q-Q$, valeur négative égale à $-(Q-q)$. Même interversion au point de vue mécanique : nous récoltions un excédent de travail, tandis que maintenant nous le dépensons.

Or, analysons le résultat final.

Où le fluide a-t-il pris la chaleur nécessaire à sa détente de la seconde phase ? Il y a deux hypothèses à faire : ou bien il empruntera cette chaleur à lui-même, ou bien il l'empruntera aux corps environnants : il se refroidira donc, ou bien il refroidira le milieu qui l'entoure. La machine frigorifique est donc trouvée !

Chaque cycle soutire du calorique ; ces machines sont par conséquent continues, et chaque coup de piston emporte

une quantité déterminée de chaleur. Mais il faut mouvoir ces machines, et c'est pour cela qu'on les attelle à un moteur.

Le fluide mis en œuvre peut être de l'air, ou bien un gaz liquéfié, ou bien un gaz dissous : il y a donc trois classes de machines frigorifiques.

Le type des machines à air est la machine de Giffard ; celle de Pictet est le type des machines à gaz liquéfié, car elle emploie du gaz sulfureux liquide; Carré a inauguré le troisième type en recourant à l'ammoniaque en dissolution dans l'eau.

Ce serait une entreprise audacieuse et trop au-dessus de nos forces de vouloir décrire, sans dessin, une de ces machines ; nous y renonçons, mais on a compris que ces appareils comportent cylindres, pistons, soupapes ou tiroirs, arbres de couche et volants, et qu'on y trouve nécessairement un compresseur et un détendeur.

Le rendement de ces appareils est satisfaisant, et les résultats obtenus dépassent les espérances des inventeurs. Les premières machines ont du reste été grandement perfectionnées par Bell-Coleman, Hall, Lightfoot et Matthews ; par Vincent, Linde, Lavergne, Fixary et Windhausen ; enfin les machines à affinité, employant les solutions ammoniacales, ont reçu leur dernière forme de MM. Mignon et Rouart, Wood et Pontifex, Perkins, etc.

Pour apprécier leur rendement, signalons les expériences faites sur une machine Linde, en 1886 : une machine motrice de 53 chevaux a produit 1750 kilogr. de glace en une heure ; cela correspond à une fabrication très économique de 27 kilogr. de glace par kilogr. de charbon brûlé dans le foyer de la machine à vapeur. Une machine Fixary horizontale donne 1000 kilogr. par 35 chevaux, soit 20 kilogr. de glace par kilogr. de charbon. Dans ces conditions, le prix de revient du kilogr. de glace ne dépasse pas la somme de 1/2 centime dans une installation de quelque importance. La glace de Norwège trouve donc un sérieux concurrent dans les localités éloignées des ports de mer.

III

Les applications du froid sont déjà extrêmement nombreuses, et elles se multiplient chaque jour. L'invraisemblable même se réalise, et des sociétés ont été créées pour donner satisfaction aux amateurs fanatiques de patinage : les appareils frigorifiques étaient utilisés pour entretenir, été comme hiver, de vastes surfaces de glace sur lesquelles on devait glisser fort agréablement pendant les chaleurs de la canicule (1). L'expérience a bien réussi, mais l'affaire a échoué, par défaut d'enthousiasme des patineurs. Je ne cite le fait que pour sa curiosité et dans le but de faire ressortir la variété des applications du froid.

Paris consomme annuellement 18 millions de kilogr. de glace ; c'est un volume d'environ 20 000 mètres cubes, et l'on peut se représenter cette masse sous la forme d'un bloc ayant pour base un carré de 10 mètres de côté et mesurant 200 mètres de hauteur. Voilà de quoi frapper bien des carafes et préparer d'innombrables sorbets ; c'est qu'en effet la majeure partie de cette glace est destinée à flatter la gourmandise des habitants de la grande ville ; le reste est employé pour abaisser la température des halles et des marchés. On a cherché à rafraîchir les lieux publics et surtout les salles de théâtres, dans lesquelles la chaleur est intolérable en été, et M. Carré avait proposé autrefois de ventiler par l'air glacé le théâtre du Châtelet ; les frais d'établissement de cette installation ne devaient pas dépasser 30 000 francs, et la dépense journalière d'entretien était acceptée à forfait pour la modique somme de 40 francs. Je ne sais pour quelle raison ce projet n'a pas reçu d'exécution ; il serait pourtant grandement désirable que l'on étudiât pratiquement la question en vue d'une application plus sérieuse, notamment pour le rafraîchisse-

(1) Brevets anglais West et Mackay, 1875 et 1876.

ment des salles d'hôpitaux. Aujourd'hui que la ventilation mécanique par insufflation se fait presque partout, il est tout aussi facile de refroidir l'air admis en été qu'il est aisé de le chauffer en hiver : on pourrait donc maintenir toute l'année la température des salles à 18 degrés.

C'est dans l'industrie qu'on a jusqu'ici tiré le meilleur parti des appareils frigorifiques. Le froid est un auxiliaire très efficace dans toutes les usines dans lesquelles on traite des matières fermentescibles, parce qu'il permet d'arrêter le développement des fermentations, si elles ne doivent pas se produire, ou de les diriger, s'il ne s'agit que de les modérer. On se rend compte de cette action en se rappelant que toutes les substances organisées, végétales ou animales, renferment en elles ou reçoivent de l'air les germes qui amènent leur décomposition par fermentation. Ces germes ne se développent qu'à la faveur d'une température déterminée pour chacun d'eux : la fermentation peut donc être ralentie par le froid ou même complètement suspendue. Tel est le cas des sucreries, des fromageries, des magnaneries, des fabriques de gélatine et surtout des brasseries à fermentation basse. Dans cette dernière industrie, les machines frigorifiques jouent un rôle considérable. Dans certaines brasseries allemandes, on a installé des tuyauteries de 25 et même de 30 kilomètres de développement, dans lesquelles on fait circuler un liquide glacé, mais incongelable, tel qu'une dissolution de chlorure de magnésium à 21° Beaumé ; on réussit ainsi à maintenir absolument constante la température des cuves de fermentation et des cuves de garde.

Le froid est un des meilleurs agents de conservation des substances alimentaires, parce qu'il arrête le développement de la fermentation putride. Le fait était anciennement connu, et il suffit de rappeler les cadavres de mammouths découverts dans les glaces de la Sibérie, dont la chair était si bien conservée qu'elle excita l'appétit des chiens, et pourtant ces pachydermes étaient là depuis l'époque quaternaire.

L'expérience a été répétée : un lapin fraîchement écorché et congelé à — 65°, de manière à devenir dur comme du bois, se conserva indéfiniment ; on ne tarda pas à appliquer ce procédé, et je pense que ce furent les pêcheurs qui montrèrent le plus d'initiative.

La consommation de la glace est devenue énorme dans les ports de pêche, et les plus petits patrons en descendent quelques blocs à fond de cale pour conserver leur poisson. On charge ensuite celui-ci dans des wagons à double enveloppe, garnis de glace, et souvent même le poisson est congelé en masse et il voyage au centre d'un énorme glaçon. On a abusé de la crédulité du public en racontant que l'animal engourdi renaissait à la vie quand on le dégageait de sa prison transparente ; mais il est certain qu'aujourd'hui les pêcheurs de la mer du Nord et de la Manche vont faire concurrence à leurs confrères de la Méditerranée.

C'est M. Charles Tellier qui eut le premier l'audace de transporter sur notre continent les animaux abattus dans le nouveau monde : il arma *Le Frigorifique* pour amener en France les viandes qui se vendaient à vil prix à Buenos-Ayres. Il ne réussit pas tout d'abord, mais aujourd'hui l'opération est courante, et l'Angleterre a reçu l'an dernier plus de dix millions de moutons provenant de la République Argentine, d'Australie et de la Nouvelle-Zélande ; l'importation totale de viandes gelées s'est élevée à plus de 80 000 tonnes de bœuf et de mouton. L'Allemagne et la Belgique en reçoivent aussi de grandes quantités ; en France, au contraire, l'insuccès des premiers essais a jeté une défaveur sur les viandes frigorifiées. Ces premiers insuccès furent causés par une erreur théorique commise dans l'appréciation de l'action du froid : les microphytes ne sont pas tués par les basses températures, ils ne sont qu'engourdis ; le froid n'exerce pas sur eux une action comparable aux antiseptiques ; son rôle n'est que défensif et nullement offensif. Il en résulte que les germes de

la fermentation putride survivent à l'application du froid et qu'ils rentreront en action aussitôt après le dégel. Si le dégel est pratiqué sans précautions spéciales, la viande se corrompra avec une extrême rapidité ; aussi reçoit-on les cargaisons des navires frigorifiques dans des chambres froides, dans lesquelles on ramène très lentement la température des quartiers de viande à + 4 degrés, avant de les transporter aux étaux de vente. On compte actuellement en Allemagne 14 villes pourvues d'établissements de ce genre. La société Bell-Coleman alimente un certain nombre de dépôts d'Angleterre et d'Allemagne par une flottille de 30 navires, et chacun d'eux apporte par traversée 135 tonnes de viande, valant 250 000 francs environ.

Les études qui ont été faites de l'action du froid sur les micro-organismes ont été fort instructives, car elles ont démontré que la congélation ne peut nullement remplacer la pasteurisation qui stérilise les ferments. Les microbes ne sont pas détruits par des températures de — 80°, prolongées pendant plusieurs mois ; s'il en est quelques-uns qui périssent, un plus grand nombre résistent. Ainsi le *Bacillus prodigiosus* et le *Proteus aureus* meurent, tandis que le *Staphylococcus pyogenes* et le terrible bacille de la fièvre typhoïde survivent (1). La glace bulleuse renferme un plus grand nombre de microbes que la glace limpide et transparente. Méfions-nous donc de cette glace que nous introduisons dans nos boissons sans contrôle, et exigeons qu'elle soit faite avec de l'eau pure et filtrée, car la congélation ne constitue aucune garantie d'innocuité (2).

Le froid est un agent dont l'industrie chimique ne pourrait plus se passer. Je n'en citerai qu'un seul exemple, celui du traitement des eaux-mères des marais salants:

(1) Cette constatation a été faite par M. Prudden et publiée en 1887 par le New-York Medical Record.

(2) Voir dans la Revue scientifique, septembre 1887, un article de M. de Varigny sur *Les Bactéries de la glace.*

le génie de Balard y avait découvert le brome, son travail persévérant en a extrait la soude, la potasse et la magnésie. L'eau de la mer est d'abord amenée dans de vastes bassins plats où elle s'évapore sous l'influence des rayons du soleil et des fortes brises ; le sel marin se dépose, et après sa précipitation le liquide concentré est souvent rejeté ; c'est ce liquide qu'on appelle l'eau-mère. On la rejetait parce qu'elle donnait un dépôt complexe de chlorure de sodium et de magnésium inutilisable, et pourtant elle renfermait encore, outre ces produits, du chlorure de potassium et des sulfates de chaux et de magnésie. Balard a découvert des procédés qui permettent de retirer une partie de ces sels, qui ont une grande valeur commerciale. Partant de cette observation que le sulfate de soude est insoluble aux basses températures, il eut l'idée de refroidir les eaux-mères à — 18° ; en vertu des lois de Berthollet, une double décomposition devait se produire, et de fait on voit se précipiter le sulfate de soude, le chlorure de magnésium formé restant dissous. Cette opération achevée, l'eau-mère peut de nouveau être soumise à une évaporation qui donnera du chlorure de sodium très pur, dit sel *fin-fin,* puis du chlorure de magnésium et de potassium. Les dernières eaux sont traitées par l'acide sulfurique et le bioxyde de manganèse pour en extraire le brome qu'elles renferment. Telle est l'industrie des sauniers que Balard a sauvée, car la découverte des gîtes de carnalite de Stassfurt l'avait fort compromise (1).

Il y aurait encore à signaler l'emploi du froid pour l'extraction de la paraffine des huiles, mais dans un aussi vaste sujet il faut savoir se borner (2).

Arrivons à l'application la plus brillante du froid, celle qui en a été faite dans les travaux du génie civil et notamment dans l'exploitation des mines.

(1) Le traitement des eaux-mères est pratiqué, d'après le procédé Balard, par MM. Merle et Cie, à Salindres.

(2) Voir Revue industrielle du 19 mars 1889.

Le fonçage d'un puits dans un terrain aquifère ébouleux, formé de sables demi-consistants, présente quelquefois des difficultés insurmontables ; ni les trousses picotées, ni les trousses coupantes, ni l'emploi de l'air comprimé ne donnent souvent de résultats, et l'on a vu des compagnies abandonner certaines fosses, dont leurs ingénieurs ne pouvaient mener leurs travaux à bonne fin. L'application du froid peut seule dans ce cas leur épargner la honte d'un échec. Ce procédé, inventé par M. Poetsch, a pris rang depuis quelques années parmi les meilleurs procédés de l'exploitation, et il ne présente plus guère d'aléa ; au contraire, mieux que tout autre, il permet une évaluation précise de la durée du travail et de son prix de revient, et il donne rarement lieu à de graves mécomptes.

La méthode consiste à congeler l'eau contenue dans la partie du terrain mouvant qu'occupe la position du puits projeté de manière à solidifier complètement le sol et à en faire un bloc compact ; on creusera à la main ce bloc artificiel sans avoir à faire jouer aucune pompe. L'opération achevée, on construira contre la paroi glacée un cuvelage de bois ou de maçonnerie très étanche et fort résistant ; cela fait, les sables peuvent être dégelés et redevenir mouvants, car ils sont maintenus.

La seule difficulté du procédé consiste à congeler en masse un grand volume de terre, de sable et d'eau ; cela se fait simplement quand on dispose d'une puissante machine frigorifique. Voici comment on opère.

Traçons sur le terrain un polygone encadrant la section du puits à foncer, et creusons sur le périmètre de ce polygone, à égale distance les uns des autres (1), des trous de sondage de 25 à 30 centimètres de diamètre, de manière à traverser entièrement la couche aquifère et à pénétrer de quelques mètres dans la couche solide et sèche sous-jacente.

(1) Leur écartement varie de $1^{m},30$ à $1^{m},80$.

On prépare alors des tubes de fer résistants, présentant une longueur égale à la profondeur des sondages, et on les ferme à leur extrémité inférieure ; on y introduit un tuyau de quelques centimètres de diamètre occupant la place de l'axe, débouchant au fond du tube et le dépassant à la partie supérieure ; on obture de plus l'ouverture annulaire située entre le tuyau et le tube. Ce dispositif permet de produire dans les tubes une circulation de liquide qui descendra au fond du tube par le tuyau et sera repris quand il aura regagné son sommet. Tous ces appareils sont descendus dans les sondages, et on y fait passer un courant continu d'un liquide incongelable, maintenu à — 15 ou — 20 degrés par une machine frigorifique. Des tubes semblables seront du reste disposés aussi à l'intérieur du polygone, à la place même où il faudra plus tard creuser le puits.

Les choses étant ainsi disposées, on établit le courant de liquide froid et on le continue jour et nuit, sans aucune interruption ; la température du terrain s'abaisse progressivement, et il se forme autour de chaque tube un manchon cylindrique de glace, dont le diamètre croîtra de plus en plus jusqu'à ce qu'ils viennent tous en contact et qu'ils se soudent les uns aux autres. A la longue ils formeront un bloc unique, dur et compact, qui est imperméable à l'eau.

On retire alors les tubes placés à l'intérieur du polygone, mais on continue de faire circuler le liquide dans les autres, et les ouvriers commencent le fonçage. Ils ne travaillent qu'au pic et à l'aiguille, car l'ébranlement résultant d'un coup de mine pourrait disloquer la masse solidifiée et produire une voie d'eau.

Dès que la couche aquifère est traversée, on procède au placement d'un cuvelage ; si l'on maçonne, il faudra employer des ciments à prise rapide, et il sera quelquefois utile d'y mélanger du sel, pour retarder la congélation de l'eau et obtenir une plus prompte et meilleure solidification.

La première expérience de M. Poetsch a été faite en 1883, dans la concession de Douglas, près de Magdebourg : cet essai fut traversé par des obstacles inattendus, résultant surtout de la difficulté de produire la congélation d'une aussi grande masse ; de plus, les ouvriers furent incommodés par le froid, et les maçonneries manquèrent d'étanchéité. Le puits avait 16 mètres carrés de section et la couche aquifère mesurait 40 mètres d'épaisseur : on réussit, quoique péniblement, à achever la fosse. Ce travail avait exigé une dépense de 42 000 francs d'appareils et il coûta 17 000 francs (1).

Le succès relatif de cette première tentative provoqua une seconde application de la méthode à la Max Grube (à Michal Kowitz, Silésie), en 1885 ; mais les tubes, de mauvaise qualité, se déformèrent et se rompirent sous la pression latérale du terrain, et la solution incongelable se répandit dans le sol ; comme elle ne se solidifie qu'à —40°, elle empêcha complètement la formation des manchons et il fallut abandonner l'entreprise.

Cet échec n'arrêta néanmoins pas M. Pœtsch, et on creusait, en 1886, un troisième puits à Finsterwald, entre Berlin et Dresde : cette opération fut suivie par M. Keller, et cet habile ingénieur publia un rapport duquel nous extrayons les chiffres suivants :

Prix des machines, tuyaux, etc.			75 000 francs.
Montage et installation.			24 000 „
Ensemble des frais. . .	Amortissement . .	18 750	
	Transport, montage	29 000	
	Frais.	13 200	
	Muraillement. . .	9 500	
	Divers	9 500	
		Total :	80 000 francs.

(1) Nous empruntons ces chiffres à une intéressante étude de M. Lebreton insérée dans le tome VIII, 8e série, des ANNALES DES MINES, 1885.

Ce puits avait $2^m,34$ de diamètre intérieur, le muraillement mesurait $0^m,34$ d'épaisseur, la profondeur de congélation atteignit $42^m,65$. Le travail dura huit mois.

Depuis lors on ne compte plus les applications du procédé : signalons le puits de Kœnigs-Wunterhausen et celui de Jessenitz, en Mecklembourg, où l'on fonça un puits de 5 mètres de diamètre à travers une couche aquifère de 75 mètres de hauteur. Des études théoriques ont été faites par M. Alby (1), et elles permettent de calculer à l'avance le temps nécessaire pour former un bloc continu et solide au milieu des sables mouvants ; l'évaluation des frais est dès lors aisée et l'imprévu se trouve presque entièrement éliminé. La Compagnie des mines de Lens achève en ce moment le fonçage d'un puits, dont j'ai visité les travaux dans le courant du mois de juillet dernier ; le travail s'est fait un peu lentement, mais avec une parfaite régularité, en un point où il était absolument impossible d'employer tout autre procédé ; l'épaisseur de la couche qu'il fallait traverser était de 45 mètres; on a établi 28 trous de sondage.

Le procédé Pœtsch n'est pas seulement applicable aux puits de mines; il a permis au capitaine suédois Lendmark de percer un tunnel à Stockholm. La description de ce beau travail nous mènerait malheureusement trop loin, et nous sommes obligé de renvoyer nos lecteurs à un Mémoire publié dans les *Institutions of Mechanical Engineers* de juin 1886.

Il existe bien d'autres applications du froid, mais les exemples que nous avons cités suffisent pour faire apprécier la fécondité de la théorie de la frigorification. Quelle distance entre les premiers essais de Bayle, de Réaumur et de Leslie, et les admirables résultats obtenus aujourd'hui! L'invraisemblable est devenu une

(1) *Note sur les expériences de congélation des terrains,* ANNALES DES MINES, 8e série, tome XI, 1887.

réalité, et nous voyons les ingénieurs manier avec une aisance étonnante de grandes masses d'acide carbonique et de gaz ammoniac liquéfiés, dont les physiciens étaient naguère très fiers de produire quelques gouttes dans leurs laboratoires, sous les yeux de leurs élèves émerveillés.

Aimé Witz.

LES ACRIDIENS RAVAGEURS

Les Criquets nomades, dont les ravages ont laissé tant de traces dans l'histoire, appartiennent à la famille des *Acridiens* et se rangent par conséquent parmi les *Orthoptères sauteurs*. Encore aujourd'hui on les désigne souvent sous le nom impropre mais plus connu de *sauterelles*.

A condition de ne pas s'en tenir aux ressemblances grossières des formes extérieures, on distingue aisément les Acridiens et les Locustiens ou Sauterelles proprement dites. Les Acridiens ont quatre articles aux tarses; les Sauterelles n'en ont que trois. Chez celles-ci, les organes supposés de l'ouïe sont placés sur les tibias; chez ceux-là, de chaque côté, sur le métathorax. Les antennes des Acridiens sont moins longues et plus massives. L'oviscapte des femelles, qui sert de tarière au moment de la ponte, est beaucoup moins saillant que chez les Locustiens et n'est point, comme chez ces derniers, conformé en sabre. De plus, les Locustiens n'ont guère l'instinct des migrations lointaines.

La confusion des Sauterelles et des Criquets nomades

est le fait des personnes étrangères aux classifications entomologiques; mais le doute règne, même parmi les naturalistes, au sujet des espèces d'Acridiens qui dévastent périodiquement tel ou tel pays des deux mondes.

En 1889, M. Jules Künckel d'Herculais, président de la Société entomologique de France, fut envoyé en Algérie, par le Ministre de l'Instruction publique, pour y organiser un service de destruction des Acridiens migrateurs. Son premier soin fut de dépouiller les documents anciens et récents, d'exhumer des figures oubliées, de recueillir des renseignements et des échantillons, de traverser le pays de la mer à Tougourt et de suivre jour par jour la marche de l'invasion :

« Une conclusion, dit-il, se dégagea nettement : c'est que si l'Algérie recevait à des intervalles plus ou moins éloignés la visite de la *sauterelle* de la Bible, l'*Acridium peregrinum* Olivier, venant par étapes du centre africain, elle avait eu à subir à plusieurs reprises les ravages d'une autre espèce, le *Stauronotus maroccanus* Thunberg » (1).

Ainsi que des déterminations rigoureuses en font foi, cette même espèce, abondante sans doute au Maroc et en Algérie, n'est pas propre à ces contrées. Elle a désolé l'Asie-Mineure, la Russie méridionale, l'île de Chypre et la Hongrie. Des individus isolés ont été observés en France ; ils s'y reproduisent même, sans donner lieu toutefois à des éclosions en masse. Enfin, d'après les observations de M. Bolivar, professeur d'Entomologie à l'Université de Madrid, et du P. Pantel, S. J., elle a seule à son actif les dévastations de ces dernières années en Espagne.

Les naturalistes russes ont acquis la certitude que le *Pachytylus (Œdipoda) migratorius* Linné, commun en Europe, du moins à l'état sporadique, a plus d'une fois

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, CVIII, 275.

ravagé lui aussi la Russie méridionale et les provinces danubiennes.

A certaines années, le Japon subit de redoutables invasions de Criquets. Les échantillons envoyés au Dr Bonnet, du Muséum de Paris, ont tous les caractères du *Pachytylus migratorioïdes* Reiche (1). Le P. Camboué, S. J., a observé à Madagascar, en troupes nombreuses, la var. *capito* Saussure de la même espèce. Un des Acridiens les plus nuisibles aux États-Unis est le *Caloptenus spretus* Thomas, hôte permanent des Montagnes Rocheuses, comme l'ont prouvé les belles études des savants américains Cyrus Thomas, Ch. Riley et Packard (2).

L'*Acridium peregrinum,* le Criquet pèlerin, paraît être une espèce cosmopolite (3). On le rencontre dans la plupart des régions chaudes ou tempérées, même en Europe. C'est lui qui, au mois de mai dernier, a dévasté le nord de l'Afrique et en particulier l'Algérie.

Il n'est que trop connu même dans le Nouveau-Monde, si l'on peut du moins, avec Martin de Moussy (4), mettre à sa charge les invasions de l'Amérique du Sud.

Des missionnaires français en ont envoyé de Chine quelques échantillons nettement caractérisés. M. Cotes (5), de l'*Indian Museum* à Calcutta, lui attribue les ravages récents des plaines arides de Punjab et de Rajputana.

Disons pourtant que l'identité des Criquets n'a pas toujours été établie avec une certitude suffisante. Accidentellement témoins d'une invasion, des hommes, du reste étrangers aux sciences, se sont plus d'une fois improvisés naturalistes. Trop souvent leurs relations échappent à tout contrôle, faute de pièces authentiques. Et puis, que d'observations bien faites restent stériles pour la science à

(1) *Le Naturaliste,* 2e série, n° 107, 1891, 192.
(2) *Report of the United States Entomological Commission,* 1877, 1878.
(3) Voir *Rev. des quest. scient.,* 1887, XXI. 300, et *Revue de Genève,* 1886, II.
(4) M. de Moussy, *Description de la Confédération Argentine,* I, 537.
(5) *Nature,* XLI, 403, 491.

cause de la nomenclature défectueuse des ouvrages un peu anciens !

Des contestations surgiront donc à plaisir, tant qu'on n'aura pas recueilli dans les différentes parties du monde un nombre suffisant d'Acridiens adultes, tant qu'on ne s'en tiendra pas, pour la systématique, aux décisions du dernier Congrès zoologique international de Paris.

Cette année, l'invasion d'Algérie a particulièrement fixé l'attention sur l'*Acridium peregrinum*, le Criquet pèlerin. C'est lui surtout qui nous occupera dans ces quelques pages. Nous le suivrons depuis l'œuf jusqu'à l'âge adulte, à travers toute la série de ses métamorphoses. L'accompagnant ensuite dans ses migrations, nous verrons les victimes de ses ravages se débattre contre lui dans une lutte désespérée et trop souvent impuissante.

Déjà au siècle dernier, les naturalistes avaient étudié les stades successifs de l'évolution des Insectes. Citons seulement les remarquables observations de Réaumur sur le mécanisme de l'éclosion des Mouches, observations faites dès 1738, confirmées et complétées depuis par von Gleichen, Reissig, Lowne et Weismann. Chez d'autres Arthropodes, on releva bientôt des particularités physiologiques non moins intéressantes. La sortie de l'œuf et les mues des Acridiens furent décrites et les principaux détails qui s'y rapportent sont devenus classiques ; on les trouve indiqués brièvement mais avec exactitude dans les traités d'Entomologie.

Depuis quelques années, les savants français et espagnols ont eu plusieurs fois l'occasion de vérifier les assertions de leurs devanciers et de les compléter sur quelques points.

Quand un *vol de sauterelles* s'est abattu sur une contrée, l'accouplement a lieu presque aussitôt. Un peu plus tard, on voit les femelles fouiller le sol à l'aide de leur tarière

et enfoncer l'abdomen, de 5 à 8 centimètres, dans le sable meuble, dans les terres compactes et même dans le sol des routes battues. Le trou de ponte reçoit d'abord une matière écumeuse, semblable à du blanc d'œuf battu, puis de 60 à 90 œufs, qui seront encore recouverts de mucosité. En séchant, cette matière fixe une certaine quantité de sable et forme une coque ovigère de texture terreuse, où les œufs sont empilés sans grande régularité.

Les œufs des Acridiens sont cylindriques, arrondis aux deux bouts, assez fragiles, faiblement colorés en gris blanc et traversés de lignes blanchâtres. Un peu avant l'éclosion, deux points noirs marquent la place des yeux de la larve. Une augmentation sensible de volume accompagne le développement de l'œuf. L'évolution terminée, il mesure environ 12 millimètres en longueur sur 3 en diamètre.

Dans les climats tempérés, une ponte a lieu assez avant dans la saison ; les Insectes adultes meurent : une génération nouvelle se lèvera aux premières chaleurs. Suivant M. Decaux, membre de la Société entomologique de France (1), les œufs du *Stauronotus* n'arrivent à terme qu'après l'hiver. Il en est de même pour les œufs du Criquet pèlerin, du moins dans les régions tempérées. Mais, comme l'a observé entre autres M. Cotes (2), dans les régions subtropicales, comme l'Inde, où les froids ne sont pas rigoureux, les Acridiens aptes à se reproduire pondent et meurent, non en automne, mais seulement au printemps. Dans ce cas, les œufs éclosent au bout d'un mois environ. M. Charles Brongniart, du Muséum de Paris, a vu en Algérie les jeunes Criquets pèlerins sortir de l'œuf dix-neuf jours seulement après la ponte. La croissance de l'embryon est donc plus ou moins rapide suivant les espèces et suivant les conditions du milieu. Une

(1) *Revue des sciences naturelles appliquées*, 38e année, n° 23, 5 décembre 1891, 639.

(2) *Nature*, XLI, 403.

chaleur modérée la favorise. En 1886, lors de l'invasion du *Stauronotus maroccanus* en Espagne, les municipalités de la Nouvelle-Castille avaient imposé la récolte d'une mesure déterminée de coques ovigères par habitant. A la maison communale de Villarubio, près d'Ucles, les coques furent entassées pêle-mêle dans une salle. La pression en écrasa un grand nombre ; une vraie fermentation s'ensuivit, et le dégagement de chaleur activa le développement des œufs qui avaient résisté. Un beau jour, en plein mois de février, l'éclosion eut lieu. De petits Criquets sortirent par milliers. On se serait cru dans une immense fourmilière.

Les essaims de *sauterelles* disparaissent à bref délai sans laisser de postérité, quand ils émigrent vers le nord. Est-ce le froid qui les tue ou qui compromet la maturation des germes ? Je ne sais ; mais durant la même invasion d'Espagne, le P. Pantel soumit pendant deux heures au froid d'un mélange de sel et de glace des coques ovigères placées à sec dans un doigtier de caoutchouc, puis les enterra à environ 5 centimètres, profondeur normale des trous de ponte. Huit coques sur dix donnèrent une éclosion régulière. Il est à croire qu'un froid humide et persistant produirait de tout autres effets.

D'après une note communiquée par M. Künckel à l'Académie des sciences le 24 mars 1891, la sortie de l'œuf des jeunes Acridiens serait due à un mécanisme fort compliqué.

« Isolant des coques dans des tubes de verre, j'ai pu, dit-il, suivre au lever du jour toutes les phases de l'éclosion. Chaque coque est fermée par un couvercle admirablement adapté ; six ou sept jeunes, réunissant leurs efforts, le font sauter en le projetant parfois à plusieurs centimètres ; et cependant ils ne peuvent faire usage des outils que la nature mettra plus tard à leur service : mandibules tranchantes, pattes robustes garnies d'épines et terminées

par de forts crochets ; ils sont encore soigneusement emmaillotés. Si on les examine attentivement, on reconnaît qu'ils ont la faculté de faire saillir de la région dorsale, entre la tête et le prothorax, une ampoule qu'ils gonflent ou rétractent à leur guise. C'est à l'aide de cette ampoule cervicale qu'ils soulèvent la porte de leur demeure. Mais là ne s'arrête pas le rôle de cet appareil : il leur donne le moyen de renverser les obstacles qui s'opposent à leur passage pour arriver au jour ; bien plus, il leur permet de modifier à leur gré le volume de chacune des régions du corps et, de la sorte, leur donne la facilité de passer à travers les fissures du sol les plus étroites, de sortir de leurs coques ovigères, au couvercle obturé, par une fente faite au canif, de s'échapper des boîtes par des trous imperceptibles. Le rôle de l'ampoule cervicale est encore plus important : aussitôt qu'ils sont parvenus à la lumière, les jeunes Acridiens muent ; c'est en gonflant l'ampoule qu'ils rompent la membrane qui les enveloppe, et c'est en emmagasinant le sang dans sa cavité qu'ils diminuent le volume des autres parties du corps et détachent cet amnios ; les mouvements de contraction des muscles achèvent de le conduire à l'extrémité du corps. Ainsi délivrés, les jeunes Acridiens peuvent alors faire usage de leurs membres pour la marche, le saut, et ont la libre disposition de leurs antennes et de leurs pièces buccales » (1).

Ailleurs, M. Künckel dit avoir constaté qu'à chaque nouvelle mue l'ampoule cervicale, se gorgeant de sang, exerce sur la région dorsale du tégument une violente pression qui en détermine la rupture ; que le refoulement du sang dans l'ampoule cervicale est rendu possible par l'introduction dans le jabot d'une grande quantité d'air et la diminution que subit par suite la capacité de la cavité générale.

(1) *Comptes rendus*, CX, 658, 809. — Voir aussi *Rev. des quest. scient.*, juillet 1891, 316.

Tous ces détails seront-ils confirmés un jour ? Nous ne pouvons nous empêcher d'en douter, malgré les dissections nombreuses qu'invoque l'auteur et les dessins que, selon son expression, il exécuta en prenant la nature sur le fait. Chez les Acridiens, l'appareil respiratoire est parfaitement indépendant du tube digestif, même à l'état larvaire. La déglutition d'air a donc assurément de quoi surprendre, surtout avant l'éclosion, alors que, suivant M. Künckel lui-même, les trachées n'ont pu s'en gorger encore.

Quant à l'ampoule cervicale, M. Packard, qui a beaucoup étudié les Acridiens des Montagnes Rocheuses, a remarqué de fait une certaine expansion de la membrane qui unit la tête au prothorax; mais il ne lui attribue qu'avec hésitation la rupture de l'œuf et de la coque ovigère (1), et ne parle point d'une cavité spéciale capable de se remplir de sang sous l'empire de la volonté.

M. Riley, l'entomologiste américain, pense que les pattes jouent le principal rôle dans le processus de l'éclosion. Celle-ci, dit-il, est précédée « d'une série de contractions et d'expansions ondulatoires des différentes articulations du corps. Il en résulte un frottement, faible mais durable, des extrémités des mandibules, des pointes des pattes postérieures et des crochets terminaux de toutes les pattes contre la coque, qui s'affaiblit et finit par céder » (2).

D'abord, chez le *Stauronotus maroccanus* et vraisemblablement chez tous les Acridiens, l'enveloppe de l'œuf arrivé à maturité n'offre plus guère de résistance. Elle est fendillée de toutes parts, grâce sans doute à la dilatation progressive des matières qui y sont contenues. C'est du moins ce qu'a pu constater, sur des centaines d'échantillons, le P. Pantel, témoin des derniers ravages faits

(1) A. S. Packard, *Report on the Rocky Mountain Locust* (Ninth Annual), 632, 634.

(2) Ch. Riley, *Ninth Annual Report of the Noxious, Beneficial and other Insects of the State of Missouri*, p. 89.

en Espagne par le Criquet du Maroc. L'œuf s'ouvre donc sans effort. La larve s'en dégage, enfermée encore dans une cuticule transparente qui se moule lâchement sur le corps. Cette sorte de fourreau laisse les membres indépendants les uns des autres, mais les empêche pourtant de servir à la marche et de gratter les parois de l'œuf. Véritable housse élastique, il paraît destiné à protéger le corps si mou du jeune Acridien contre les frottements que les circonstances de l'éclosion rendent inévitables.

Quand les œufs ne sont pas enterrés, comme c'était le cas lors des éclosions que le P. Pantel observa au coin du feu dans sa chambre de travail, la dépouille reste adhérente à quelque aspérité de la coque ovigère ou est emportée, toute chiffonnée, à l'extrémité postérieure de l'abdomen, d'où elle se détache bientôt. Mais quand la coque est dans le trou de ponte, l'animal ne dépose l'enveloppe protectrice qu'après être arrivé à la surface.

Ainsi emmaillotée, comment la larve peut-elle donc sortir de son nid souterrain, vu surtout que, selon M. Künckel, « chaque coque est fermée par un couvercle admirablement adapté » ?

Sans doute la coque ovigère, cylindre terreux formé de sable agglutiné, est assez résistante après la dessiccation de la mucosité sécrétée par la femelle, et la couche supérieure qui recouvre les œufs, malgré sa porosité, est plus dure encore. Mais n'importe ; laissée en terre, la coque devient friable. L'augmentation de volume des œufs y produit un grand nombre de fissures ; c'est par ces fissures que les larves s'échappent. Elles montent en passant dans l'épaisseur des parois de la coque, et s'arc-boutent par la flexion du corps, grâce probablement à des mouvements musculaires semblables à ceux qui déterminent la progression de certaines larves xylophages apodes. Si l'opercule est projeté à distance, c'est par exception, lors des éclosions artificielles ; quand les œufs restent dans le trou de ponte, le jeune Criquet ne le dérange même pas de sa position première.

Pour conclure, nous dirons qu'habituellement au moins l'*ampoule cervicale* ne fait pas crever l'œuf; qu'au moment des mues, le renflement observé sert vraisemblablement à déterminer dans la région occipitale la rupture de la peau, moins résistante en cet endroit; que d'ailleurs ce renflement ne doit pas, sans preuves nouvelles, être attribué à l'accumulation du sang dans une cavité sous-cutanée distincte. On sait combien les organes des Insectes sont rudimentaires et flasques dans le jeune âge. L'apparition de la prétendue ampoule peut donc fort bien n'être que la suite de contractions violentes des fibres musculaires de l'abdomen, refoulant la masse viscérale encore semi-fluide vers une région limitée par des pièces moins extensibles, entre lesquelles la peau est molle et élastique sur une grande surface.

Au sortir de l'œuf, les Acridiens, nous l'avons dit, déposent aussitôt l'enveloppe légère qui les protège pendant leur évolution embryonnaire. Après cette première mue, à peine digne de ce nom, puisque la pellicule n'était pas même soudée à la surface des membres, l'Insecte change encore plusieurs fois de peau, avant d'atteindre l'âge adulte.

M. Brongniart a repris, l'été dernier, l'observation des mues, déjà faite avant lui, quoique avec moins de précision peut-être.

Des Criquets pèlerins s'étaient abattus, le 15 mai 1891, à Birmandreis, dans une plantation de choux-fleurs. Quand, par ordre du Gouvernement général de l'Algérie et de la Tunisie, on retourna les terres où les Insectes avaient pondu, il se réserva un champ d'expériences et l'entoura d'une feuille de zinc d'un mètre de hauteur. La première ponte avait eu lieu le 17 mai; à partir du 5 juin, les éclosions se succédèrent sans interruption pendant dix jours. Les jeunes larves, n'ayant pas d'ailes, ne pouvaient pas sortir de l'enclos. Rentré à Paris, M. Brongniart éleva

depuis l'œuf des Criquets pèlerins rapportés d'Algérie en juillet dernier. Il fut donc aisé de suivre de près tout le détail des transformations successives.

L'*Acridium peregrinum* fraîchement éclos est vert bleu ; un demi-jour suffit pour le faire passer au brun, puis au noir. Au bout d'une semaine environ, il mue une seconde fois. La peau reste noire, mais des bandes blanches se dessinent sur les anneaux thoraciques. Le dessus de l'abdomen est moucheté de blanc, et une ligne rosée relie les ouvertures des stigmates. Huit jours après, la troisième mue accentue le rose; la tête noircit. Le même intervalle s'écoule et le Criquet, long déjà de 35 millimètres, change de peau pour la quatrième fois. Des rudiments d'ailes apparaissent. La ligne des stigmates a blanchi ; partout ailleurs le jaune citron a remplacé le blanc et le rose. A la cinquième mue, qui tarde un peu à se produire, le jaune tranche davantage ou passe à des tons rougeâtres. L'Insecte devient de plus en plus vorace. Son abdomen s'allonge. Quinze ou vingt jours plus tard, la sixième mue met fin à la période de croissance. Les ailes, plissées jusqu'alors et ramassées dans les moignons, se dégagent et s'étalent jusqu'à atteindre à peu près 50 millimètres.

L'Acridien est adulte ou, comme l'on dit en Algérie, *le Criquet est devenu sauterelle.*

Des milliers d'individus naissent et se développent en même temps. Leur voracité a bientôt raison de toutes les plantes qui les environnent. Pressés par la faim, ils courent en bataillons serrés vers les campagnes voisines encore verdoyantes. Ils ne quitteront qu'au terme de leur évolution, lorsqu'ils pourront enfin se servir de leurs ailes. Alors, au premier beau jour, des vols innombrables se rassemblent et se portent, poussés par le vent, vers d'autres régions pour y recommencer leurs ravages et s'y reproduire.

Avant d'assister au spectacle d'une invasion, arrêtons-nous encore un instant aux variations de couleur assurément fort étranges que présentent parfois les Acridiens d'une même espèce.

Suivant M. Brongniart, les Criquets pèlerins qui se sont abattus cet été sur les environs d'Alger étaient, les mâles d'un jaune brillant, uniforme, avec des taches brunâtres sur les ailes, les femelles plus brunes, quelquefois grisâtres, avec le dessous de l'abdomen et du thorax d'une teinte plombée. Ceux qui naquirent, soit en Afrique, soit à Paris, des coques ovigères tenues en observation, étaient roses, bleutés et noirs avec quelques points jaunes sur le prothorax. Des Criquets pèlerins adultes, envoyés à M. Künckel d'Herculais de l'extrême sud de l'Algérie et signalés à l'Académie des sciences le 2 février 1891, ont le jaune remplacé par « de belles nuances rouge carminé très foncé passant au rose sur les ailes inférieures et les pattes » (1). Ils présentent donc des tons beaucoup plus sombres que les Criquets élevés par M. Brongniart ou nés en liberté près du littoral du nord de l'Afrique.

Le *Stauronotus maroccanus*, blanc au moment de l'éclosion, devient noir en moins d'une heure et passe ensuite, comme le Criquet pèlerin, à des couleurs plus claires. En Espagne, il se rencontre partout, du moins à l'état sporadique, mais il se développe mieux dans les plaines de la Mancha. Ce fut là, ce semble, le centre de dispersion des *sauterelles* en 1886. Les individus qui en provenaient étaient jaunes. Dans la masse des essaims ravageurs, on les distinguait aisément des Criquets indigènes aux tons gris.

D'où vient cette différence si considérable des pigments observée sur des milliers d'individus? M. Künckel pense que la perte de la teinte primitive plus foncée pourrait bien être l'effet de la migration vers des régions plus

(1) *Comptes rendus*, CXIII, 404; CXII, 307.

froides. La réalité de cette dégénérescence à la suite d'un changement de milieu n'a pas été directement constatée. Au jugement de M. Brongniart, le passage du rose au jaune se fait normalement, à mesure que l'Insecte vieillit. Cette hypothèse expliquerait la couleur jaune des *sauterelles* ailées qui ont voyagé déjà ; mais que dire alors des nuances rouge foncé des Criquets pèlerins du fond de l'Algérie, des tons gris des *Stauronotus* de la Castille ?

On le voit, l'histoire des Acridiens ravageurs est loin d'être faite avec le détail et la certitude que semble comporter une famille observée de tout temps, universellement connue et déjà tant étudiée. Même leurs migrations, qui ont tant de témoins, hélas ! s'entourent de mystère et laissent des doutes aux naturalistes.

Souvent les invasions de *sauterelles* sont subites. D'où viennent-elles donc en si grand nombre ? Qu'est-ce qui règle leurs prodigieux mouvements d'ensemble ? Pourquoi paraissent-elles cette année et pas une autre ? Pourquoi l'Algérie est-elle infestée tantôt par le Criquet pèlerin, tantôt par le Criquet du Maroc, tantôt par les deux à la fois ? Voilà autant de questions auxquelles il est peut-être prématuré de répondre. Recueillons pourtant, dans l'examen des faits, quelques données en vue d'une solution.

Durant le mois de juillet 1891, les *sauterelles* ont désolé les districts du Chota Nagpore et de Darjeeling, dans les Indes anglaises, au pied de l'Himalaya. Dans ces contrées, les invasions sont rares ; aucun des Jésuites missionnaires résidant à Kurseong n'en avait vu jusqu'alors. Plusieurs jours de suite, des vols serrés ne cessèrent de passer au-dessus de la localité. Un bon nombre des terribles ravageurs s'abattirent. Les récoltes étaient bien compromises : pris au dépourvu, les indigènes ne purent songer à les défendre. Le 12 juillet, les Acridiens

se montrèrent en bandes plus nombreuses que jamais. D'après les lettres des missionnaires, le spectacle était à la fois magnifique et terrifiant. A distance, les Criquets ailés paraissaient blancs comme des flocons de neige et se dessinaient nettement sur le fond sombre d'un ciel nuageux. Un bruissement léger annonçait leur approche; on eût cru entendre la vague déferler au loin sur la plage. De plus près, le vol faisait l'effet d'un immense essaim d'abeilles gigantesques, voltigeant en tous sens pour faire cortège à leur reine. Quelle agitation dans cette multitude! Les Acridiens recueillis avaient « la taille et la couleur rosée des belles crevettes ». Ces détails permettent de supposer que c'étaient des Criquets pèlerins. Quelques jours de répit furent suivis d'une nouvelle invasion. C'était le 26 juillet. Par bonheur, vers midi, un vent impétueux souffla de la montagne et dispersa les ravageurs au loin dans la vallée. Les jeunes plantes, les bourgeons et les verdures les plus délicates avaient été rongés de préférence; les plantations de thé étaient anéanties. C'est la ruine pour un grand nombre de propriétaires, et la famine peut-être pour les plus pauvres. A la première heure pourtant, les natifs se réjouirent de l'événement. Très friands de *sauterelles* frites, ils en ont ramassé des provisions pour en assaisonner le *kurry*, leur plat de tous les jours.

Des détails plus complets nous sont parvenus d'Alger, au sujet de l'invasion des Criquets pèlerins dans le nord de l'Afrique au mois de mai dernier.

Tous les jours depuis leur première apparition, le ciel était continuellement traversé par une infinité d'Acridiens aux ailes transparentes. Tantôt ils s'élevaient à des hauteurs prodigieuses, dessinant sur l'azur d'immenses traînées jaune d'or semblables à la voie lactée. Tantôt ils descendaient jusque tout près du sol, formant des tourbillons gris, impétueux et irrésistibles. « De loin, dit un témoin oculaire, on eût dit une tempête de neige; de

près, une pluie de balles. » Tantôt la masse se dirigeait droit contre le vent, passant au-dessus de la fumée, se divisant pour tourner les obstacles, reformant ses rangs avec un ensemble merveilleux. Tantôt l'air en mouvement balayait l'essaim et en jetait une bonne partie à la mer. On a vu toutefois, dans le voisinage de la côte, des détachements de cette armée formidable faire volte-face, se rejeter vers le sud, et repasser à tire d'aile, sans s'inquiéter ni des traînards restés en route, ni des autres que les flots allaient engloutir.

Des millions de Criquets périssaient ou s'attardaient dans les campagnes ; néanmoins des vols nombreux continuaient à se montrer: colonnes formidables, épaisses de 10 mètres, larges de 4000, longues de 100 000 peut-être.

Pendant le jour, sous les ardeurs du soleil, les *sauterelles* papillonnent sans trêve. Il en tombe, et par milliers, dans les champs, sur les chemins, dans les sillons des vignes, car il en est toujours que la fatigue entraîne. Mais la nuée ne s'abat pas tout entière : les populations sont là pour défendre leurs moissons. Le bruit effraye les Criquets. Dès le matin, les femmes et les enfants, armés de bidons et de casseroles retentissantes, se rendent aux champs ; ils y feront jusqu'à la nuit un charivari vraiment infernal. L'ennemi sera écarté sans doute ; seulement il passera chez le voisin plus négligent ou moins bien armé en vue de la résistance.

En effet, le froid du soir engourdit le terrible envahisseur. Le soleil n'est pas encore couché que ses forces l'abandonnent. La nuée descend des hauteurs de l'atmosphère et se jette pêle-mêle sur les terrains vagues et les cultures mal défendues. Ces Insectes aux allures si vives tout à l'heure, les voilà inertes et sans mouvement. La terre en est toute jaune sur des milliers d'hectares. Pas moyen de faire un pas sans glisser dans la boue des corps écrasés. Les propriétaires auront beau jeu maintenant. Mort aux ravageurs ! On les tuera à plaisir.

On en tue, oui, et par millions, jusqu'à ce que l'obscurité soit complète ; on recommence encore dès le lever de l'aurore. Mais chaque matin amène des essaims nouveaux. « Voilà le cinquième jour qu'il en arrive, disait un homme du village d'Aïn-Taya : nous avons travaillé les trois premiers jours. A quoi bon maintenant? Il y en a trop ! » Et, de guerre lasse, il abandonnait aux terribles Acridiens ses récoltes, son unique bien.

Rien n'est plus décourageant en effet que de voir le nombre infini des individus entraînés dans un même vol de *sauterelles*. Les témoins les mieux à l'abri de tout soupçon donnent à ce sujet des chiffres fabuleux.

Pendant son séjour à Biskra, S. É. le cardinal Lavigerie vit une légion de Criquets couvrant une superficie de 30 kilomètres sur 15. Le vol qui s'abattit sur les environs d'Alger le 23 mai 1891 formait une traînée de 20 kilomètres de longueur. D'après les lettres des missionnaires de Maison-Carrée, trois Mzabites revenant de Laghouat marchèrent pendant 31 jours comme à l'ombre d'interminables nuées d'Acridiens.

Le *Yang-tsé*, des Messageries maritimes, à son retour de Chine en juin 1890, rencontra dans la mer Rouge un véritable banc de Criquets noyés. Le banc s'étendait sur des centaines de kilomètres ; il a fallu 24 heures pour le traverser.

Quelques mois auparavant, le 25 novembre 1889, un vol non moins remarquable passa au-dessus du paquebot *Golconde*. C'était en face des îles Hanich, dans la mer Rouge. Vers 11 heures du matin, les gens du bord virent passer devant le soleil une immense traînée floconneuse, se dirigeant vers le nord-est, d'Afrique en Arabie, avec une vitesse d'environ 12 milles à l'heure. C'était bien une nuée de *sauterelles*, car il en tomba un bon nombre sur le pont du navire. Elles volaient si haut qu'on n'eût pu les apercevoir, si elles ne s'étaient trouvées entre le soleil et les observateurs. Après deux heures de relevée, on ne vit

plus rien. Toutefois le passage doit avoir continué plus tard, car à 6 heures on recueillit encore des Criquets à bord. Le steamer faisait 14 milles à l'heure, perpendiculairement à la direction de l'essaim. Alors même que le passage n'aurait duré que quatre heures, les *sauterelles* devaient donc s'étendre sur une surface de plus de 2000 milles carrés. Le capitaine et quelques passagers s'amusèrent à évaluer le nombre d'individus que comptait ce vol vraiment extraordinaire. Ils lui supposèrent 48 milles de longueur, une largeur égale, un demi-mille d'épaisseur et une densité de 144 Criquets par pied cube. Ils arrivèrent au chiffre de 24420 billions de Criquets; leurs cadavres juxtaposés auraient pu cacher le sol sur une surface de 2304 milles carrés. Avec un poids supposé d'un seizième d'once par Criquet, l'essaim pesait 42 580 millions de tonnes. Le vapeur *Golconde*, jaugeant 6000 tonnes, devrait faire 7 000 000 de voyages pour transporter cette masse immense d'Insectes, en les tassant bien entendu 111 fois plus qu'ils ne l'étaient dans l'air. — Le lendemain, un autre essaim se dirigeait vers le nord-est. Il paraissait plus nombreux et plus compact que celui de la veille (1).

L'origine de ces hordes innombrables est encore une énigme. Maintes fois on a signalé des nuées de *sauterelles* traversant la mer Rouge. On en peut conclure sans contredit que ces Insectes se transportent parfois à de grandes distances. M. Cotes ne s'étonnerait même pas que certaines invasions des Indes fussent le fait des Criquets d'Afrique. Il importe de remarquer, dit-il, qu'en 1869, quand Rajputana eut tant à souffrir des Acridiens, des vols immenses furent observés par les navires qui faisaient route entre Suez et Aden. Aussi serait-il intéressant de savoir jusqu'à quel point les contrées interjacentes de l'Arabie, de la Perse et du Biluchistan furent envahies alors (2).

(1) *Nature*, XLI, 153.
(2) *Ibid.*, 491.

Des migrations lointaines se produisent donc parfois ; plus souvent pourtant les Acridiens envahisseurs naissent non loin des contrées qu'ils désolent d'ordinaire par leurs ravages. Les diverses espèces observées dans les différentes parties du globe occupent d'une manière permanente des régions montagneuses et stériles. On suppose que, les années où elles se reproduisent avec plus de fécondité, le district d'origine ne suffit pas pour les nourrir. Poussés par la faim, les Acridiens s'abattent alors sur les pays cultivés, détruisent les récoltes, pondent leurs œufs et se maintiennent pendant l'évolution d'une génération nouvelle. Mais les conditions du milieu les font disparaître d'ordinaire l'année qui suit l'invasion. Les régions envahies en resteront purgées jusqu'à ce que, à la suite des mêmes circonstances, de nouveaux essaims viennent encore de l'habitat normal de l'espèce.

Voici comment les naturalistes américains expliquent les invasions périodiques de *sauterelles* aux États-Unis. Le *Caloptenus spretus* occupe dans les Montagnes Rocheuses une *région* dite *permanente* parce qu'elle réunit les conditions les plus favorables à sa conservation indéfinie. Quand, par hasard, la reproduction dépasse les limites habituelles, des essaims nombreux envahissent, soit sur le versant du Pacifique, soit sur le versant opposé, de vastes territoires, vraies *régions temporaires* où les générations nouvelles s'éteignent.

Dans l'est de l'Europe, le trop fameux *Pachytylus migratorius* ne viendrait pas des steppes, par delà la mer Caspienne, mais des îles basses et des rives de l'embouchure du Danube. L'estuaire du Kuban, au sud-est de la mer d'Azov, serait un autre centre d'où essaiment les redoutables dévastateurs des provinces danubiennes, de la Russie méridionale et de la Hongrie.

Le *Stauronotus maroccanus* aime particulièrement les roches et les terres incultes. D'après M. Künckel, cet Acridien occupe, comme *région permanente*, toute la zone

montagneuse qui s'étend de l'Atlantique au golfe de Gabès, en bordure du Sahara, à travers le Maroc, l'Algérie et la Tunisie. Les Hauts-Plateaux et le Tell sont sa *région temporaire* (1). Nous avons déjà dit que le Criquet du Maroc est indigène en Espagne. On a remarqué pourtant qu'il a dans les plaines de la Mancha, au sud de la Nouvelle-Castille, un centre de reproduction plus important, d'où il émigre parfois pour aller se mêler en grand nombre aux individus de la même espèce qui vivent à l'état sporadique dans toute l'étendue de la péninsule.

L'*Acridium peregrinum* a une aire de distribution beaucoup plus étendue et dont il est actuellement impossible de tracer les limites. En Afrique, M. Künckel le croit originaire du centre. Il pense que les terres humides et chaudes de la région des grands lacs constituent sa *région permanente,* et qu'il gagne de proche en proche l'immense contrée s'étendant en arrière du Sahara jusqu'à la Méditerranée. La *région temporaire* correspondant à ce foyer d'origine serait le nord de l'Afrique, l'Arabie et la Palestine.

Dans l'Inde, le *Criquet pèlerin* vient, d'après M. Cotes, des collines sableuses du Rajputana occidental. C'est de là qu'en mai-juin 1889, il a gagné toute la contrée de Sind, Rajputana, Punjab, les provinces du nord-ouest et quelques autres districts (2).

Si ces vues encore hypothétiques se confirment, il deviendra plus facile de dresser un plan de campagne contre les Acridiens ravageurs. La façon la plus méthodique de les combattre consiste bien, ce semble, à les détruire dans les lieux d'origine. C'est certainement la seule qui donne quelque chance d'un triomphe décisif.

Mais ici que de difficultés pratiques! A Palestro et à Bordj-Bouira, M. Brongniart a compté par décimètre carré une moyenne de 35 trous de ponte contenant cha-

(1) *Comptes rendus,* CXII, 308.
(2) *Nature,* XLI, 491.

cun de 80 à 90 œufs, ce qui fait environ 300 000 œufs par mètre carré et 3 milliards d'œufs par hectare! M. Künckel a relevé sur une carte administrative tous les gisements de coques ovigères reconnus pendant l'été de 1888 dans quelques départements du territoire africain. Les pontes couvraient 150000 à 200000 hectares dans la province de Constantine, et près de 40 000 hectares dans la province d'Alger! Comment songer dès lors à détruire les œufs dans les foyers de reproduction le plus souvent incultes, rocailleux et inaccessibles?

Par bonheur, il s'en faut de beaucoup que tous les œufs des *sauterelles* viennent à terme. Un soleil trop ardent les dessèche ; les pluies persistantes les tuent. Les Lézards, les Cailles, les Perdrix, les Outardes et les Étourneaux en sont friands. Il paraît que les Alouettes en détruisent des quantités immenses. Aussi la chasse des Alouettes a-t-elle été interdite en 1889 dans le département de Constantine, où des chargements importants de ces oiseaux étaient expédiés sur Alger en destination de Marseille.

Des parasites en grand nombre s'attaquent aux œufs des Acridiens. Ils appartiennent à divers ordres d'Insectes: citons au moins les larves de Bombylides et de Cantharidiens. Il n'est pas rare que le nombre des trous de ponte infestés monte jusqu'à 50 p. c. La multiplication extraordinaire des parasites coïncide peut-être avec celle des Acridiens, rétablissant ainsi le juste balancement des espèces. Cette question d'un intérêt capital ne trouve pas de solution dans les observations encore insuffisantes faites à ce sujet.

« Les Champignons, dit M. Künckel d'Herculais, jouent un rôle destructeur des plus puissants, et je me suis assuré que, dans certains gisements, 70 p. c. des œufs avaient été atteints, et que dans d'autres 100 p. c. avaient été anéantis. J'ai vérifié l'exactitude des observa-

tions des naturalistes russes Metchnikoff et Krassilstchick, qui démontrent que l'arrêt subit des invasions des Acridiens est dû au développement des Cryptogames parasites des œufs » (1).

Les *sauterelles* ont donc des ennemis naturels, capables peut-être de devenir, sous la direction de l'homme, des instruments puissants d'extermination. On songea tout d'abord à tirer parti des Champignons.

Dès 1883, un naturaliste américain, M. le professeur Herbert Osborn, et l'année suivante M. Metchnikoff, actuellement chef de service à l'Institut Pasteur, essayèrent, mais sans succès, d'en propager dans les localités envahies. En 1888, MM. Künckel et Langlois reprirent ces essais. Ils recueillirent des Criquets portant des efflorescences blanchâtres dans diverses régions du corps, mais surtout sur les lignes de jonction des anneaux antérieurs. Au microscope, ils reconnurent que ces efflorescences étaient un feutrage de mycélium accompagné d'un très grand nombre de spores. Dans la séance du 29 juin 1891, M. Alfred Giard proposa à l'Académie des sciences, pour le nouveau Cryptogame, le nom de *Lachnidium acridiorum*. Les cultures du Champignon, l'étude en coupes minces des tissus malades, et les essais d'infestation avaient conduit aux conclusions suivantes : De jeunes Criquets résistent au contact même prolongé des adultes fortement contaminés. Chez les Insectes atteints, la maladie paraît être absolument superficielle ; elle ne les tue qu'après l'accouplement et la ponte. Enfin, les œufs se développent régulièrement dans des coques ovigères entièrement couvertes de filaments mycéliens. Aussi MM. Künckel et Langlois n'espèrent-ils pas trouver un mode de destruction du Criquet pèlerin dans la propagation artificielle des Champignons parasites ; MM. Giard et Trabut partagent leur avis (2).

(1) *Comptes rendus*, CVIII, 276.
(2) *Ibid.*, CXII, 1465, 1519.

M. Charles Brongniart croit avoir été plus heureux. Le 8 juin 1891, pendant son séjour en Algérie, il annonça par télégramme (1) à l'Académie des sciences la découverte d'un Champignon parasite du Criquet pèlerin, à forme *Botrytis*, resté indéterminé jusqu'à présent. Nous épargnerons au lecteur la peine de s'orienter dans le détail, fort confus d'ailleurs, des notes que plusieurs savants publièrent à cette occasion (2). La découverte de M. Brongniart fut contestée. Il entreprit de la confirmer dans quelques pages publiées par lui, à la fin d'octobre, sous les auspices de la Société nationale d'Agriculture de France (3) ; nous les résumerons brièvement.

Les Criquets attaqués que recueillit M. Brongniart, venaient des environs d'Alger, de l'Arba, de Palestro, de Bouira, etc. Les uns étaient morts, les autres sur le point de mourir. Dans la plupart des cas, la ponte n'avait pas pu être opérée normalement ; souvent même elle n'avait pas pu avoir lieu.

A l'Arba, en particulier, la mortalité avait été considérable, et l'on rencontrait les Criquets morts ou mortellement atteints sur une superficie de plusieurs hectares, dans les gorges de l'Oued Hamidou. On observait des taches blanchâtres aux points de séparation des anneaux et à la base des pattes.

Des essais de contamination et de cultures artificielles furent commencés à Alger et continués à Paris. M. Brongniart fut amené à dire que l'on rencontre sur les Criquets pèlerins plusieurs moisissures différentes qui n'ont probablement entre elles aucun rapport et que MM. Giard et Trabut ont réunies sous la dénomination précitée de *Lachnidium acridiorum*. Il décrit quatre formes distinctes, dont deux seulement, le *Botrytis* à spores ovales et le

(1) *Comptes rendus*, 1320.
(2) *Ibid.*, 1383, 1465, 1478, 1518.
(3) Charles Brongniart, *Les Champignons parasites observés sur les Criquets pèlerins en Algérie.*

Botrytis à spores rondes, paraissent être vraiment parasites (1).

Le 20 septembre, dix Criquets, mâles et femelles, arrivés depuis peu à l'état adulte, furent placés dans une cage et légèrement saupoudrés avec des spores rondes de *Botrytis*. Deux autres Criquets furent mis en contact avec des spores ovales de *Botrytis*. On conserva séparément comme témoins deux Criquets du même âge. Tous ces Insectes furent soumis au même régime.

Les deux Criquets qui avaient reçu des spores ovales, et huit de ceux qui avaient été contaminés avec des spores rondes, moururent le 24 septembre; les deux autres, le lendemain. Mis en chambres humides, les cadavres présentèrent dès le 27 septembre des taches blanches, partout où la membrane du corps est plus mince. Le 30, la couche de mycélium était devenue dense et épaisse. L'examen microscopique permit de reconnaître les deux formes *Botrytis* qui avaient été semées, et celles-là seules.

Des Criquets restés comme témoins, un seul mourut ; dans la chambre humide il ne se couvrit que de quelques Mucorinées.

La contamination réussit pour les Criquets des gazons, pour de jeunes Criquets pèlerins arrivés à la troisième mue et pour des larves d'Hyménoptères de la famille des Tenthrèdes.

Par contre, les Criquets pèlerins qui avaient à la même date reçu sous la peau des spores du *Fusarium acridiorum* Brongniart et Delacroix, étaient vigoureux à la fin d'octobre et ne présentaient que des taches noirâtres aux points où les inoculations avaient été faites.

M. Brongniart conclut que *les deux formes Botrytis*

(1) D'après une note adressée par M. A. Giard à l'Académie des sciences, le 7 décembre 1891, les *Botrytis* signalés par M. Brongniart ne seraient que des formes diverses du *Lachnidium acridiorum*. Il est vrai que, de l'aveu de l'auteur, les Champignons parasites des Acridiens ne sont pas encore parfaitement identifiés, ni classés d'une manière définitive. Peu importe, après tout, au point de vue pratique qui nous occupe.

paraissent seules susceptibles d'être utilisées pour produire l'infection des Criquets d'Algérie, et peut-être aussi en diminuer notablement le nombre, de manière à atténuer, dans la mesure du possible, les ravages qu'ils ont causés jusqu'ici.

Des expériences faites en Afrique s'imposent.

Supposons qu'elles établissent d'une manière incontestable la virulence des Champignons parasites : peut-on raisonnablement espérer que leur emploi comme moyen de destruction soit possible en pratique sur les quelques centaines de mille d'hectares envahis?

La question est délicate. Les pessimistes, et les jaloux peut-être, ne manqueront pas de se prononcer aussitôt pour la négative. Plus réservé qu'eux, nous nous souviendrons que, pour les faits d'expérience, l'observation seule tranche en dernier ressort. Quoi qu'il en soit, la grandeur des intérêts engagés justifierait un essai sérieux.

Un autre système de destruction a été proposé, le 5 décembre 1891, dans la *Revue des sciences naturelles appliquées,* par M. Decaux, membre de la Société entomologique de France. Des expériences répétées par centaines, depuis 1857, sur la valeur du *Crapaud* comme destructeur des Insectes nuisibles aux produits agricoles, donnent à l'auteur la certitude que le vulgaire *Bufo* peut être employé avec succès pour la destruction des Acridiens. Il s'est assuré qu'un Crapaud de trois ans a une préférence marquée pour la Sauterelle verte, *Locusta viridissima* Linné, à l'état de larve, et qu'il dévore avec le même plaisir l'Insecte parfait.

Les Crapauds, très répandus en France, seraient, à peu de frais, importés par milliers en Algérie et en Tunisie. On leur creuserait des mares artificielles, partout où le terrain permet de recevoir les eaux pluviales, dans les localités montagneuses, *régions permanentes* du *Stauronotus maroccanus ;* dans les oasis du désert, régions de passage

de l'*Acridium peregrinum*, dans les terrains cultivés, régions temporaires de l'un et de l'autre. Apparemment les mares resteraient remplies d'eau, au moins de décembre à mars, pendant la saison pluvieuse, époque de la reproduction. Cela suffirait pour permettre la ponte du Crapaud et la complète évolution des jeunes. On empêcherait les têtards de s'entre-dévorer, en chargeant un homme dans chaque *douar* de leur jeter, de trois en trois jours, quelques débris d'une viande quelconque. Une ponte ordinaire ne donne que 2 à 5 p. c. de Crapauds formés; avec des soins, on pourrait en obtenir 90 à 95 p. c. Deux ou trois années suffiraient, au jugement de l'auteur, pour produire une innombrable armée de chasseurs affamés qui détruiraient les Acridiens sous toutes les formes.

On ne peut dénier à ce système le mérite de l'originalité. Au point de vue du travail et des dépenses, il en vaut d'autres; mais l'acclimatation définitive du Crapaud dans les sables brûlants de l'Afrique paraît bien aléatoire. Dût-il s'y trouver un jour, au gré de M. Decaux, *un* Crapaud pour chaque *are* de terrain cultivé, le nombre des destructeurs ne sera jamais proportionné au nombre des Insectes à détruire, ni au moment des éclosions en masse dans la *région permanente*, ni au moment des invasions subites dans la *région temporaire*. Combien le Crapaud pourrait-il bien digérer, par jour, de Criquets adultes ? Or, on a vu plusieurs fois les *sauterelles*, au moment où elles s'abattent, se serrer au point de cacher le sol! D'autre part, le nombre d'œufs monte souvent au chiffre fabuleux de 30 000 000 par are. Le Crapaud n'y touche pas. Un bon nombre avorte à la suite de différentes causes extérieures. Supposons qu'il n'en vienne à terme que 1 p. c.; il se lèvera encore 300 000 jeunes larves dans l'espace de quelques jours. Décidément, c'est trop présumer de la complaisance de l'estomac des Batraciens, que de laisser à un seul les honneurs d'un pareil régal.

Malgré la fécondité effrayante des Acridiens, le ramassage des œufs a toujours été considéré comme un des moyens les plus efficaces d'empêcher leur multiplication excessive. Ainsi, pour ne parler que des temps modernes, en 1613 les *sauterelles* exercèrent d'affreux ravages dans le midi de la France (1). Des fonds furent alloués par les communes pour leur destruction. Chaque kilogramme d'œufs se payait cinquante centimes ; celui d'Insectes adultes la moitié seulement. Marseille dépensa vingt mille francs, Arles vingt-cinq mille. Dans cette petite ville, on réunit 3000 boisseaux d'œufs. Chaque boisseau eût donné, dans la supposition d'une éclosion régulière, près de 2 millions de Criquets. L'autorité en détruisit donc environ 6 milliards. En 1805, 2000 kilogrammes d'œufs furent déterrés dans une seule commune des Bouches-du-Rhône.

Les Anglais prescrivirent la récolte des œufs dans l'île de Chypre, immédiatement après la conquête de 1878.

Le gouvernement impérial ottoman l'a imposée également dans toute la Mésopotamie, lors des invasions de ces dernières années. La taxe était de 25 kilogrammes de coques par habitant dans les villes et de 50 par charrue dans les campagnes. Il n'était pas toujours aisé de payer un impôt si lourd. Les pauvres n'eurent qu'à s'en applaudir : plusieurs entreprirent un vrai commerce d'œufs de *sauterelles*. M. Metaxas, correspondant à Bagdad de la Société d'acclimatation de Paris, raconte même qu'une tribu nomade tenta de faire fortune par la vente de coques artificielles.

En Algérie, la récolte des œufs se pratique chaque année. Depuis le mois d'août jusqu'à la fin de décembre 1888, elle a permis d'anéantir 10 666 mètres cubes de coques (2).

Le procédé a du bon ; mais il exige une très grande

(1) *Annales de la Société entomologique de France*, 1833, II.
(2) *Comptes rendus*, CVIII, 276.

main-d'œuvre, et la nature du sol le rend quelquefois impraticable. Il a l'inconvénient de détruire les parasites animaux et végétaux. Dans tel terrain, le hersage donne à moins de frais d'aussi bons résultats; car, ramenées à la surface du sol, les coques ovigères sont desséchées par le soleil ou dévorées par les Oiseaux. Partout où le sol est plus argileux, il faut émietter les mottes pour assurer les effets du labourage, sans quoi l'éclosion est tout simplement retardée de quelques jours.

Dans tous les cas, le ramassage des coques ne dispense pas de l'emploi des autres moyens de destruction. Jamais il n'épuise les gisements et en laisse une foule absolument intacts. M. Künckel estime que pendant la campagne de 1888, rien que sur le territoire civil de Constantine, on a anéanti 1000 milliards de jeunes Criquets non ailés et 200 milliards d'œufs. Ces chiffres établissent bien l'importance relative des procédés qu'il nous reste à décrire.

Tant que les ailes font défaut, ou restent ramassées en un moignon inutile, c'est-à-dire jusqu'à la dernière mue, les *sauterelles* marchent en colonnes serrées vers les cultures encore intactes. Il est assez facile alors de les détruire en masse. On les conduit, en les frappant doucement avec des branches d'arbres, vers un terrain plat et uni où on les écrase, vers des tranchées profondes où on les enfouit, vers des bûchers imprégnés d'huiles lourdes où on les brûle. La paille enflammée, l'eau bouillante, les acides ont été utilisés parfois pour tuer de grands amas de Criquets.

La chasse aux *melhafas* se pratique encore par les Arabes. Agitant leurs burnous régulièrement et avec lenteur, ils circonscrivent l'armée des jeunes Acridiens et la poussent sur une toile longue de dix mètres étendue par terre en face des ravageurs. Un côté de la toile est maintenu en l'air : il barre le passage. Quand on a acculé ainsi

un nombre suffisant d'Insectes, les bords sont aussitôt rabattus et le contenu vidé dans des fosses profondes. Il paraît que jadis les natifs piétinaient la toile pour écraser les *sauterelles;* l'on pense bien qu'au bout de quelques jours d'usage, les *melhafas* n'étaient plus que des loques infectes.

En Amérique, pour se défaire des Criquets adultes qui volent, on fait battre le pays par des milliers d'hommes et même par la cavalerie. « Lors de l'invasion de 1858, le grand établissement horticole de San-José, près de l'Uruguay, fut préservé, parce que l'on mit une compagnie de soldats de corvée pour les repousser ; les dommages furent insignifiants, car les *sauterelles*, incessamment traquées pendant leur passage, n'attaquèrent que les extrémités des plus hautes branches des arbres » (1). Les voisins expièrent sans doute ce triomphe local.

Après la conquête de Chypre par les Anglais, M. l'ingénieur Samuel Brown préconisa, pour la lutte contre les Acridiens ravageurs, les fameux *appareils cypriotes* imaginés par un colon, M. Richard Mattei. Le gouvernement algérien les adopta depuis, et il n'eut pas lieu de trop s'en plaindre.

Une lettre, écrite de Maison-Carrée par un Père missionnaire de Notre-Dame d'Alger, nous a fourni au sujet de leur emploi des détails fort intéressants. Elle montre en même temps toutes les phases de la lutte au moment si critique de l'invasion des Acridiens.

Depuis 1884, des nuées de *sauterelles* se sont plusieurs fois abattues sur l'Algérie et sur les régions voisines.

Malgré la lutte à outrance engagée pour défendre les terres cultivées, on évalue les pertes annuelles de la colonie à une moyenne de 20 millions de francs. Tant de désastres subis nous ont rendus prévoyants et habiles ; aussi les envahisseurs nous trouvent-ils toujours sur la

(1) M. de Moussy, *loc. cit.*, 542.

défensive. Mais ils triomphent encore bien souvent, grâce à leur nombre immense, l'étendue de leur action et la persistance de l'attaque.

C'est le vendredi 22 mai 1891, vers 9 heures du matin, que l'ennemi fut signalé. Les Criquets, en bandes serrées, venaient du côté de Matifou, dans la direction de Maison-Carrée; ils volaient presque au ras de terre, en longeant la côte. On donna l'alarme et en quelques instants tout le monde fut sur pied; la résistance s'organisa; il s'agissait de contenir l'envahisseur dans les dunes, de lui fermer l'accès des vignes et des champs cultivés. Le feu et le bruit donnent seuls quelque chance de succès; on n'avait rien négligé pour utiliser, le cas échéant, ces deux moyens de défense. Les vignobles de la mission confinent aux sables du rivage. On les avait sillonnés de longues lignes de trous garnis de sarments : y mettre le feu fut l'affaire d'un moment.

Grâce aux huiles lourdes qu'on y avait jetées, il s'en dégagea une immense traînée de fumée noire, qui arrêta et fit reculer ensuite vers la mer la colonne de Criquets. Ce n'était qu'un résultat passager.

Bientôt l'immense provision de bois fut épuisée. Les feux s'éteignirent, le ciel s'éclaircit; l'ennemi revint. Désormais le vacarme pouvait seul le maintenir à distance. Casseroles et chaudrons, tamtams et cymbales, trompettes et clairons, tout fut mis en branle. Étrange concert, auquel se mêlaient les hurlements des hommes, les cris des femmes et des enfants. Les Criquets furent encore une fois repoussés.

Sur ces entrefaites, arrivèrent à notre secours les détenus militaires de Maison-Carrée, au nombre de quatre-vingt, armés de crécelles et de sifflets, et un détachement de pontonniers venus d'un fortin de l'Harrach; ajoutez-y les deux cents Kabyles qui travaillent à notre vigne, et vous saurez l'effectif de notre armée. Les Criquets, un instant arrêtés, commençaient à se presser de nouveau,

plus nombreux et plus denses, en longeant le rivage. La rivière de l'Harrach, qui se jette à la mer à côté de notre propriété, leur fit peur d'abord. Mais bientôt le cours d'eau fut franchi et nous voilà aux prises avec les assaillants.

Nos gens étaient échelonnés en deux lignes parallèles tout autour de la vigne. Ils tinrent tête aux Criquets pendant près de deux heures ; mais, vers midi, la brise se leva. Ce fut le signal de notre défaite. Emportés par le vent qui soufflait du côté de la mer, les Insectes ailés passèrent par-dessus les lignes de défense et allèrent s'abattre sur les ceps.

Il fallait changer de tactique. Après le dîner, nous trouvâmes les Criquets accouplés. Nous essayâmes d'empêcher au moins la ponte.

Notre petite armée fut donc distribuée en trois rangées parallèles distantes de dix mètres. Partant d'un bout de la vigne, elle devait faire lever les Acridiens et les expulser à l'autre bout. Malgré le vacarme, un bon nombre restèrent sur place ou se rejetèrent en arrière, et la manœuvre dut être plusieurs fois reprise. Le résultat final fut satisfaisant.

Aux heures chaudes de la journée, les Criquets ont les allures très vives ; mais le froid les engourdit ; aussi le crépuscule et l'aurore sont-ils les moments les plus favorables pour la chasse. On les trouve alors ramassés en tas compacts, incapables de voler et embarrassés dans tous leurs mouvements. Nous nous mîmes à les écraser à l'aide des pieds, ou au moyen de branches tressées et de verges en fil de fer ; mais l'administration fit arrêter l'opération, par crainte de la peste. Il ne restait plus qu'à les ramasser. Les Criquets se payaient à la mairie 4 francs les 100 kilos. Les primes furent abandonnées à nos Kabyles ; jugez de leur ardeur au travail. En un jour on recueillit 1500 kilos de cadavres à Maison-Carrée.

C'était comme si on n'eût rien fait ; il fallait recom-

mencer chaque matin. Du reste, en dépit de nos efforts, la ponte avait eu lieu dans la vigne et surtout dans les dunes sableuses de la baie d'Alger, depuis Hussein-Dey jusqu'à Matifou. Quand les œufs restent en terre, l'éclosion est presque infaillible, mais l'exposition au soleil suffit pour les détruire. Aussi les propriétaires durent, sous peine d'amende, faire labourer les champs où les Criquets avaient passé. A vrai dire, c'est seulement dans les terres un peu compactes que ce labourage donna quelque résultat; car le sable meuble, en retombant, recouvre les coques.

On songea donc à combattre les jeunes essaims qui ne devaient pas tarder d'apparaître.

Des tôles de zinc furent fixées sur une longueur de plusieurs kilomètres entre la vigne et un fossé extérieur large et profond d'environ un demi-mètre. Une pareille enceinte aux parois lisses empêche naturellement les Acridiens non ailés de forcer l'entrée. Ils restent dans le fossé et ne tardent pas d'aller se jeter dans des trous plus profonds creusés de distance en distance, où il est aisé de les détruire par le feu, de les piétiner ou de les enfouir.

Il y a de grands inconvénients à ce procédé, avant tout, celui d'entraîner des frais considérables. Nous payâmes le zinc 740 francs par mille mètres, et 1150 francs au moment de l'invasion. La surface du métal s'oxyde et devient bientôt franchissable. Nous nous trouvâmes mieux de l'emploi des *appareils cypriotes*, qui permettent aux Criquets de sortir de la propriété, mais non d'y entrer.

Figurez-vous, tout autour de la vigne, de longues pièces de cretonne longues de 50 mètres, hautes d'un mètre, placées bout à bout, suspendues à des pieux, le bord inférieur replié sur le sol et maintenu par du sable. Le bord supérieur est garni, du côté qui fait face aux Criquets, d'une bande de dix centimètres en toile cirée. On entretient cette bande avec un soin scrupuleux, et on

l'humecte deux fois par jour d'un mélange d'huile et d'eau. Impossible pour l'ennemi du dehors d'escalader cette surface lubrifiée; par contre, l'ennemi du dedans peut remonter la surface rugueuse de la toile et, arrivé en haut, sauter bravement en dehors de l'enceinte. Là, l'un et l'autre finissent par tomber dans le fossé, et puis, un peu plus loin, dans de grandes caisses bordées de zinc surplombant et formant entonnoir. Les victimes s'y entassent par milliers. Quand les caisses sont pleines, on y jette quelques seaux d'eau bouillante, on les retire, on enterre le contenu et on les remet en place.

Il avait fallu bien du temps pour se débarrasser définitivement des assaillants. On luttait encore, quand l'éclosion eut lieu à l'intérieur de la vigne. Les jeunes Criquets commençaient à attaquer les ceps. Comment les empêcher de nuire?

Le système arabe parut le meilleur. Nos ouvriers furent répartis en groupes de six ou sept. Rencontraient-ils une bande de *sauterelles,* ils creusaient à quelque distance un trou de 60 centimètres; puis se rangeant en demi-cercle et agitant des toiles multicolores, ils y faisaient tomber les dévastateurs. Un nombre infini fut enseveli ainsi sous deux pieds de terre. Ce travail dura près de deux semaines; chaque jour nous mettait aux prises avec une génération nouvelle!

Nous espérâmes recueillir enfin le fruit de tant de peines. Illusion cruelle! Une formidable colonne de jeunes Criquets sauteurs venait des dunes; notre vigne était encore une fois menacée. Que faire?

Une énorme trappe fut construite à la hâte tout près de notre propriété. A cette trappe aboutissaient deux murs lisses en tôle de zinc, se rapprochant régulièrement de manière à embrasser et à resserrer peu à peu toute la colonne. Déjà le front s'engageait dans le fatal entonnoir, quand la défiance l'arrêta : le feu seul l'empêcha de dévier. Nous réussîmes à souhait, et la caisse dut être vidée plusieurs fois dans l'espace de quelques heures.

Désormais la victoire était complète : les dernières *sauterelles* ne tardèrent pas à disparaître. Notre vigne avait été assez bien préservée, mais au prix de quels sacrifices ! Et puis, autour de nous, quelle dévastation, que de richesses perdues, que d'espérances trompées !

Cette lettre ne décrit qu'un effort local ; qu'a-t-on fait ailleurs pour combattre le fléau ? Les chiffres du bilan des invasions de 1888 et 1889 donneront une idée de ce qui a dû être tenté depuis, dans les colonies d'Afrique.

En Algérie, 850 chantiers de destruction fonctionnèrent, avec 60 000 travailleurs, depuis la fin de mars 1888 jusqu'au commencement de juin ; 2000 soldats ont aidé les indigènes. Ceux-ci ont à leur actif 1 916 242 journées, les colons 8988, les militaires 23 625. Ce travail a abouti à la destruction de 1200 milliards d'Acridiens, y compris les œufs ramassés avant l'éclosion.

La récolte des œufs, commencée au mois de septembre 1888, a été officiellement close le 10 janvier 1889. Une prime de fr. 1,50 était donnée par double décalitre. En certains points, quelques ramasseurs, tous volontaires du reste, ont eu des journées de 6 francs. La dépense totale de ce chef a été de 580 480 francs. Quant à la destruction des Criquets marchants, elle a occupé 96 113 indigènes sous les ordres de 296 Européens. Plusieurs milliers de soldats furent encore mis à contribution. Le 15 juin, le nombre des journées relevées approchait de *deux millions*, et la masse des Criquets détruits de 40 000 mètres cubes.

En vue de résister aux invasions de 1889, le gouvernement algérien adjugea et répartit 6000 appareils cypriotes, soit 300 kilomètres de barrages mobiles, coûtant 35 000 francs (1). Tendues le long du chemin de fer, ces toiles iraient d'Arlon à Ostende ! Le service des forêts algériennes a fourni plus de 100 000 piquets de chêne pour

(1) *Comptes rendus*, CVII, 276.

la pose des appareils ; l'industrie privée a livré 6000 masses d'acier pour enfoncer les piquets, 400 000 mètres de cordes pour suspendre les toiles, 60 000 feuilles de zinc pour garnir les fosses.

De tous ces chiffres, la *Revue scientifique* tire une conclusion curieuse : « En 1889, l'effort fait, qui est certainement le maximum que le pays puisse donner, n'est pas énormément plus large que l'ont été l'effort et le résultat de la campagne de 1888. Le nombre des journées se tient toujours aux environs de 2 millions, et le cube des Insectes détruits, de 40 000 mètres cubes. Et cependant en 1888 on a été débordé, les dommages ont été immenses; en 1889, le dommage réel est très faible, les récoltes sont peu atteintes; les orges et les fourrages n'ont pas perdu 5 p. c., et les Insectes volants ne peuvent rien leur faire, vu que tout est rentré.

» Cette différence profonde qui, avec les mêmes chiffres, nous fait voir une défaite et une victoire, tient uniquement à la meilleure organisation de la défense, au plus grand nombre des appareils et au commandement mieux réglé. En effet, en 1889, le même cube de Criquets représente un nombre infiniment plus considérable : au lieu de les laisser grandir, on les a saisis tout petits, à peine plus gros que des mouches, dans les dix premiers jours après leur éclosion, partout du moins où on l'a pu. Ensuite, on ne leur a pas laissé parcourir d'aussi grands espaces : attendus, signalés sans retard, ils sont exterminés près de leur point de départ, sans avoir eu le temps de faire beaucoup de ravages. »

En 1888, des résultats appréciables ont été atteints ; la campagne de 1889 a été couronnée d'une victoire relative. Mais rien ne semble pouvoir donner un triomphe définitif et complet.

Il faut bien qu'on en convienne d'ailleurs, tous les moyens employés jusqu'ici imposent des fatigues excessives, qu'il est impossible d'exiger plus longtemps en

Algérie et en Tunisie sans mécontenter les populations indigènes. Aux pertes causées par les ravages des Acridiens, s'ajoutent encore des frais considérables. Six à sept millions de francs ont été dépensés depuis quatre ans, sans compter les journées gratuites et le concours de plus de la moitié des troupes!

N'y a-t-il pas au moins quelque compensation à tant de sacrifices et de ruines?

Les invasions de *sauterelles* sont peu redoutées par certaines peuplades, pauvres et sauvages, qui les mangent.

On sait que ces Insectes sont, dans les pays chauds, un important objet de consommation. L'Écriture nous apprend que saint Jean s'en nourrissait au désert.

Les Grecs les servaient comme hors-d'œuvre. De tout temps on en a mangé en Arabie et dans l'extrême sud de l'Algérie. Encore aujourd'hui il existe beaucoup de peuplades *acridiophages,* chez lesquelles les *sauterelles* servent d'assaisonnement ou deviennent la base de la nourriture, au moment où leur invasion a détruit tout le reste.

A la lisière nord du Sahara, chaque famille fait sa provision de ce gibier d'une nouvelle espèce. « Pour les conserver, dit M. Künckel d'Herculais, les indigènes les font cuire d'abord dans l'eau salée, de la même façon que nous préparons les crevettes; puis ils les sèchent au soleil. Ils en ramassent et préparent des quantités si considérables que, non contents d'assurer leurs approvisionnements, ils en font un article de négoce; c'est ainsi qu'ils les vendent actuellement sur les marchés de Tougourt, de Temacin et des villages voisins. J'ai eu entre les mains une boîte de Criquets fraîchement préparés, et j'ai pu constater qu'ils constituaient un mets très acceptable; le goût de crevettes que lui attribuent les voyageurs est assez prononcé. Avec le temps ils perdent de leurs qualités; mais n'en serait-il pas de même de nos

Crustacés, si nous les mangions salés et séchés au bout de quelques mois? (1) »

A Thaba, dans l'État libre d'Orange, au nord de la colonie du Cap, on mange les *sauterelles* de deux manières, d'après une lettre de M. Ed. Jacottet : fraîches, on les fait frire sur la poêle, après leur avoir enlevé les ailes et les pattes et les avoir saupoudrées de sel ; bouillies et séchées, on les moud et on les prend en poudre, ou bien mélangées à la farine de blé ou de maïs. Les Criquets sont la fortune des gens pauvres.

Un peu plus à l'ouest, chez les Hottentots, c'est la même chose.

Pour mieux prendre les Acridiens en masse, les Malgaches mettent le feu aux herbes, là où la nuit les a arrêtés. Le feu se propage de montagne en montagne, quelquefois pendant plusieurs jours, puis on voit tout le monde, grands et petits, aller faire provision pour plusieurs mois. Au témoignage du P. Camboué, missionnaire à Madagascar, le passage des Criquets, des *valala*, comme les appellent les Hovas des hauts plateaux d'Imérina, n'est pas considéré comme un fléau. Le 26 septembre 1888, ce Père se trouvait en mission à Ambohitrimanyaka, au nord-ouest de Tananarive, quand il vit un vol de *sauterelles* allant, comme d'ordinaire, de l'ouest vers l'est. Le soir, une lueur immense illuminait l'horizon : on avait mis le feu aux herbes dans le voisinage du campement des *valala*. Le lendemain, on en servit au Père avec tout le raffinement de l'art culinaire malgache. On opéra d'abord le *tangosana* des Insectes, c'est-à-dire qu'on leur arracha les pattes et les ailes. Cela fait, les *valala* encore vivantes furent jetées dans la graisse bouillante de la poêle à frire. Du brun, elles passèrent tout d'abord au rouge, premier point de cuisson, puis au noir. « Il n'y

(1) *Comptes rendus*, CXII, 308, note.

avait pas matière à gourmandise, ajoute le récit ; mes gens, eux, s'en régalèrent. »

Les *sauterelles* peuvent n'être pas du goût des Européens, elles n'en constituent pas moins un mets nourrissant, qui, par sa composition chimique, se rapproche du bœuf moyennement gras. Nous résumons dans le tableau suivant les analyses comparatives faites par M. Muntz :

	CRIQUETS FRAIS.	BŒUF FRAIS.
Albuminoïdes	19,70	18
Graisses	2,52	2
Sels	1,55	2,2
Déchets	8,83	76,8
Eau	72,60	

Ces chiffres ont leur éloquence. Mais le goût ne se commande pas, et il est fort douteux que les *conserves de Criquets*, très estimées à Tougourt, paraissent jamais sur nos marchés.

L'industrie moderne s'empare de tout. On refuse de manger les *sauterelles;* elle en fera de l'engrais.

Les Criquets frais, séchés en vue de l'analyse, perdent environ la moitié de leur poids. Voici la teneur de la matière sèche en principes fertilisants :

Azote	12 p. c.
Acide phosphorique . .	2
Potasse	0,5

Il y a longtemps que la valeur des Acridiens comme engrais a été reconnue et expérimentée. Après le départ des envahisseurs, on voit souvent la végétation reprendre

avec une incroyable vigueur, surtout s'il survient quelques pluies et une chaleur modérée (1). Le sol s'enrichit en effet de leurs innombrables cadavres. Dans bien des endroits, les agriculteurs les enfouissent directement à la charrue comme le fumier ordinaire, ou les ramassent en grand tas en prenant les précautions voulues pour éviter les émanations dangereuses et les pertes d'ammoniaque avant l'utilisation.

La *Revue de chimie industrielle* a décrit tout récemment une méthode qui transforme les *sauterelles* en une masse aisément transportable, d'une conservation indéfinie et d'un emploi facile. Elle consiste à chauffer les Insectes dans des autoclaves sous une pression de vapeur de 5 à 8 atmosphères. Après refroidissement, on trouve la matière organique changée en une substance homogène, compacte et friable, qui renferme la potasse, l'acide phosphorique et l'azote, presque sans perte :

Azote	11,25 p. c.
Acide phosphorique. .	1,69
Potasse	0,40

Il est avantageux d'ajouter dans la chaudière 1 à 2 p. c. de chaux et 0,5 p. c. de soude caustique, et à la matière refroidie un peu de plâtre et 2 à 5 p. c. de superphosphate. On obtient ainsi un mélange où l'ammoniaque est bien fixée et qui est bien mieux assimilable que l'engrais de *sauterelles* fraîches.

Est-ce à dire que les Acridiens vont servir bientôt à augmenter les récoltes? Nous n'oserions l'espérer. Quoi qu'il en soit, l'utilisation de ces ravageurs comme éléments fertilisants suppose les moyens de destruction

(1) M. de Moussy, *loc. cit.*, 543.

actuellement pratiqués. De plus, si les invasions des Criquets devenaient un jour une source de gros bénéfices pour quelques exploitants industrieux et habiles, le profit resterait aux mains du petit nombre, et l'ensemble des pertes subies ne nous semble pas devoir jamais être compensé.

La présence accidentelle ou permanente des Acridiens ravageurs dans un pays restera donc un vrai fléau national, et il est du devoir des gouvernements d'aider l'initiative privée à en combattre les suites funestes.

Fr. Dierckx, S. J.

QUELQUES RÉFLEXIONS

AU SUJET DES THÉORIES PHYSIQUES (1)

---

§ 1. — *Du but de la physique théorique.*

L'esprit humain, mis en présence du monde extérieur pour le connaître, rencontre d'abord le domaine des faits. Il voit qu'un morceau d'ambre, frotté par un chiffon de laine, attire à distance une balle de sureau que soutient un fil de soie; qu'un morceau de verre, frotté avec un chiffon de laine, agit de même; qu'un morceau de cuivre, frotté avec le même chiffon de laine, agit encore de même, pourvu que le morceau de cuivre et le chiffon de laine soient tous deux portés par un manche de verre, etc. Chaque observation, chaque expérience nouvelle lui apporte un fait nouveau.

La connaissance d'un grand nombre de faits forme un amas confus qui constitue proprement l'*empirisme*.

(1) Leçons d'ouverture du *Cours de Physique mathématique et de Cristallographie* de la Faculté des sciences de Lille.

Cette connaissance des faits particuliers n'est que le premier degré de la connaissance du monde extérieur. Par l'induction, l'esprit, transformant les faits dont la connaissance lui est donnée, arrive à la connaissance des *lois expérimentales*. Ainsi, les faits que nous avons cités tout à l'heure, les autres faits analogues qu'il peut observer, l'amènent, par induction, à cette loi : Tous les corps, convenablement frottés, deviennent aptes à attirer une balle de sureau suspendue à un fil de soie ; créant un mot nouveau pour exprimer la propriété générale qu'affirme cette loi, il dit : par un frottement convenable, tous les corps s'électrisent.

Aux philosophes, il appartient d'analyser le mécanisme du procédé inductif qui permet de passer des faits aux lois ; de discuter la généralité et la certitude des lois ainsi établies. Je ne veux pas plus aborder ici l'examen de ces questions qu'étudier la connaissance même des faits.

La connaissance des lois expérimentales constitue la *science purement expérimentale,* aussi élevée au-dessus de l'empirisme que la loi l'est au-dessus du fait particulier.

Mais la science purement expérimentale n'est pas le dernier terme de la connaissance du monde extérieur. Au-dessus d'elle est la *science théorique*. Ce que nous nous proposons d'étudier, c'est la nature de cette science, en prenant pour exemple la théorie la plus voisine de la perfection, celle qui a reçu le nom de *physique mathématique*.

La science théorique a pour but de soulager la mémoire et de l'aider à retenir plus aisément la multitude des lois expérimentales. Lorsqu'une théorie est constituée, le physicien, au lieu d'avoir à retenir isolément une multitude de lois, n'a plus à garder le souvenir que d'un petit nombre de définitions et de propositions énoncées dans le langage des mathématiques ; les conséquences que l'analyse lui permet de déduire logiquement de ces propositions n'ont aucune relation de *nature* avec les lois qui

forment l'objet propre de ses études; mais elles lui en fournissent une image; cette image est plus ou moins ressemblante; mais, lorsque la théorie est bonne, cette image suffit à remplacer la connaissance de la loi expérimentale dans les applications que le physicien veut en faire.

Expliquons tout cela en analysant comment se constitue une théorie physique.

§ 2. — *Des définitions en physique théorique.*

En premier lieu, le physicien, désireux de constituer la théorie qui réunira un ensemble de lois, prend les unes après les autres les diverses notions physiques sur lesquelles portent ces lois. A chacune de ces notions physiques, il fait correspondre une grandeur, algébrique ou géométrique, dont les propriétés représentent les propriétés les plus immédiates des notions physiques correspondantes.

Ainsi, s'agit-il de constituer la théorie de la chaleur? Les lois les plus élémentaires qu'il s'agit de coordonner par cette théorie font intervenir une notion, celle de *chaud*. Cette notion présente certains caractères immédiats : par exemple, nous comprenons que deux corps, de même nature ou de nature différente, soient aussi chauds l'un que l'autre; que l'un d'eux soit plus chaud ou moins chaud que l'autre; que deux parties d'un même corps soient ou ne soient pas aussi chaudes l'une que l'autre; nous savons que si le corps A est plus chaud que le corps B et le corps B plus chaud que le corps C, le corps A est plus chaud que le corps C.

Ces caractères, essentiels à la notion de *chaud*, ne permettent pas de *mesurer* l'objet de cette notion, de le regarder comme une *grandeur*.

En effet, pour qu'un objet soit mesurable, il faut que la

notion que nous avons de cet objet présente non seulement tous les caractères que nous venons d'énumérer, mais encore le caractère d'*addition*. Or le chaud n'est pas conçu par nous comme susceptible d'addition; nous savons bien ce que veulent dire ces phrases : le corps A est aussi chaud que le corps B ; le corps A est plus chaud que le corps B; mais nous ne comprenons pas ce que veulent dire des énoncés tels que ceux-ci : le *chaud* du corps A est égal au *chaud* du corps B plus le *chaud* du corps C; le corps A est dix-sept fois plus chaud que le corps B ; est trois fois moins chaud que le corps B.

Ainsi le chaud n'est pas conçu par nous comme susceptible d'addition; cette notion n'est pas pour nous réductible à une grandeur.

Mais si la notion de chaud n'est pas réductible à une grandeur, cela n'empêche nullement le physicien de lui faire correspondre une certaine grandeur qu'il appelle *la température* et qu'il choisit de manière que ses propriétés mathématiques les plus simples *représentent* les propriétés de la notion de chaud.

Ainsi, le chaud se présente comme un caractère propre à chacun des points d'un corps; nous concevons chacun des points d'un corps comme étant aussi chaud, moins chaud, plus chaud, que tout autre point; à chaque point d'un corps nous ferons correspondre une valeur déterminée de la température.

La notion de chaud n'implique aucune notion de direction. On ne comprendrait pas ce que voudrait dire cette phrase : au point M d'un corps il fait plus chaud suivant la direction MN que suivant la direction MN' ; la température sera donc une simple quantité algébrique et non une grandeur géométrique.

A deux points aussi chauds l'un que l'autre, nous ferons correspondre deux valeurs égales de la température; à deux points inégalement chauds nous ferons correspondre deux valeurs inégales de la température; et cela de manière

que la valeur la plus élevée de la température corresponde au point le plus chaud.

Cette opération établit une correspondance entre la notion de chaud et la grandeur algébrique que nous nommons la température. Entre ces deux idées, le chaud et la température, il n'y a aucune espèce de relation de *nature :* le chaud nous est agréable ou désagréable ; il nous réchauffe ou nous brûle ; la température peut être ajoutée à une autre température, être multipliée ou divisée par un nombre.

Mais, en vertu de la correspondance établie entre ces deux idées, l'une devient le *symbole* de l'autre, en sorte qu'en m'apprenant que la température d'un corps a une valeur déterminée, on m'apprend quels sont les corps qui sont aussi chauds, moins chauds, plus chauds que ce corps.

En vertu de cette correspondance, toute loi physique relative au chaud, loi énoncée par une proposition du langage ordinaire, est traduite symboliquement par une proposition mathématique concernant la température.

Ainsi, au lieu de dire que tous les points d'un corps sont aussi chauds les uns que les autres, nous dirons que la température a la même valeur en tous les points de ce corps.

Au lieu de dire que le corps A est plus chaud que le corps B, nous dirons que la température du corps A a une plus grande valeur que la température du corps B.

L'exemple que nous venons de développer nous met nettement en évidence les caractères généraux que présente la définition d'une quantité physique. Ce que nous venons de dire de la température pourrait se répéter, au moins dans ce qu'il y a d'essentiel, de toutes les définitions de grandeurs que l'on trouve au début d'une théorie physique quelconque. On le voit, les définitions physiques constituent un véritable vocabulaire : de même qu'un dictionnaire français est un ensemble de conventions faisant correspondre à chaque objet un nom, de même, dans une

théorie physique, les définitions sont un ensemble de conventions faisant correspondre une grandeur à chaque notion physique.

Parmi les caractères essentiels que présente une semblable définition, il en est un que nous voulons surtout mettre en évidence : c'est qu'une semblable définition est, à un haut degré, arbitraire. Tandis qu'en géométrie il ne peut y avoir qu'une bonne définition d'une notion donnée, de l'angle droit, par exemple, en physique il peut y avoir une infinité de définitions d'une notion, par exemple de la notion de température ou de la notion d'intensité lumineuse.

La notion physique qu'il s'agit de représenter possède un certain nombre de propriétés fondamentales. La grandeur destinée à la symboliser doit présenter un certain nombre de caractères propres à représenter ces propriétés. Mais toute grandeur qui présente ces caractères peut être prise pour symbole de la notion physique dont il s'agit.

Ainsi la température doit présenter les caractères suivants :

Elle a la même valeur pour deux corps également chauds ;

Elle a une plus grande valeur pour le corps A que pour le corps B si le corps A est plus chaud que le corps B.

Mais toute grandeur qui présente ces deux caractères peut être prise pour *température;* peu importent les autres propriétés qui servent à compléter cette définition ; peu importe que la température soit définie par des rapports de volumes, de pressions, de forces électromotrices, etc.

§ 3. *Des hypothèses en physique théorique.*

La définition des diverses grandeurs propres à symboliser les notions sur lesquelles portera une théorie constitue la première des opérations dont sortira cette théorie. Voyons par quelle série d'opérations la théorie pourra ensuite se développer et s'achever.

Entre les diverses grandeurs que nous supposons définies, nous établirons un certain nombre de relations, exprimées par des propositions mathématiques, relations que nous nommerons les *hypothèses*.

Les hypothèses étant prises comme principes, nous en développerons logiquement les conséquences.

Parmi ces conséquences, il en est qui, en vertu des définitions posées, pourront se traduire en propositions portant uniquement sur des notions physiques, c'est-à-dire en propositions présentant la forme de lois expérimentales. Ces conséquences sont ce que l'on nomme les *conséquences vérifiables expérimentalement* de la théorie.

Ces conséquences expérimentalement vérifiables de la théorie se rangeront en deux classes : les conséquences qui se traduisent par une loi expérimentale exacte ; les conséquences dont la traduction est en contradiction avec une loi expérimentale.

Si les conséquences de la théorie que l'expérience confirme forment un ensemble étendu et varié, la théorie aura rempli le but qui lui était assigné ; elle permettra aux physiciens d'oublier toutes les lois expérimentales que, par son moyen, il leur est loisible de retrouver, pour garder seulement le souvenir de quelques définitions et de quelques hypothèses ; la théorie sera bonne.

Si au contraire la théorie ne fournit qu'un petit nombre de conséquences vérifiées par l'expérience, elle n'aura pas rempli son but de coordination ; elle sera mauvaise.

Tout cela est très facile à comprendre ; il est inutile que nous insistions. Mais il est un point aussi délicat qu'important sur lequel il est nécessaire de revenir : nous voulons parler du choix des hypothèses. Ces propositions destinées à servir de principes à la théorie, comment serons-nous conduits à les énoncer ? d'après quelles règles les choisirons-nous ?

En principe, nous sommes absolument libres de faire ce choix comme bon nous semble ; pourvu que les consé-

quences logiquement déduites de ces hypothèses par l'analyse mathématique nous fournissent le symbole d'un grand nombre de lois expérimentales exactes, nul n'a le droit de nous demander compte des considérations qui nous ont dicté ce choix.

C'est ce qu'exprimait si bien Nicolas Copernic au début de son livre : *De revolutionibus cœlestibus, libri sex*, en disant :

" *Neque enim necesse est eas hypotheses esse veras; imo, ne verisimiles quidem; sed sufficit hoc unum, si calculum observationibus congruentem exhibeant.* „

Mais, en fait, il est bien certain que ce choix ne se fait pas au hasard. Il existe des méthodes générales selon lesquelles sont prises les hypothèses fondamentales de la plupart des théories, et classer ces méthodes, c'est en même temps classer les théories.

La méthode idéale et parfaite consisterait à ne pas prendre d'autres hypothèses que la traduction symbolique, en langage mathématique, de quelques-unes des lois expérimentales dont on veut représenter l'ensemble. Dans ces conditions, le développement de la théorie serait lui-même, tout entier, la traduction symbolique, en langage mathématique, d'un raisonnement susceptible d'être formulé en langage ordinaire ; ce raisonnement prendrait pour principes les lois expérimentales qu'ont symbolisées les hypothèses ; il aurait pour conclusions les lois expérimentales que symbolisent les conséquences de la théorie. L'analyse mathématique ne jouerait d'autre rôle que celui d'abréger, d'alléger le langage. Toutes les conséquences de la théorie présenteraient le même degré de certitude, d'exactitude, que les lois expérimentales prises pour hypothèses. Les lois expérimentales qui s'offriraient comme conséquences de la théorie seraient vraiment une suite logique des lois expérimentales prises pour hypothèses.

Une telle théorie ne présenterait absolument rien

d'*hypothétique;* son auteur pourrait à juste titre prononcer le fameux *hypotheses non fingo* de Newton.

Disons-le de suite : la physique nous présente plusieurs théories qui s'approchent plus ou moins de cet idéal ; elle ne nous en offre aucune qui le réalise pleinement. Newton peut lancer l'*hypotheses non fingo ;* Ampère peut intituler son ouvrage : *Théorie mathématique des phénomènes électrodynamiques uniquement déduite de l'expérience ;* en fait, il est aisé de montrer que leurs hypothèses ne sont pas la simple traduction symbolique des lois expérimentales.

Nous retrouverons, dans ce cours, la théorie d'Ampère ; nous aurons occasion d'étudier en détail les hypothèses sur lesquelles elle repose. Laissons-la donc de côté pour le moment et prenons la théorie de l'attraction universelle.

Quelles sont les lois expérimentales sur lesquelles elle repose ? Les lois de Képler. Quelle est la traduction exacte de ces lois dans le langage symbolique que créent les définitions de la mécanique rationnelle ?

« Le soleil exerce sur chaque planète une force attractive en raison inverse du carré de la distance du soleil à la planète. Les forces exercées par le soleil sur diverses planètes sont entre elles comme les masses de ces planètes. Les planètes n'exercent aucune force sur le soleil. »

Est-ce là l'hypothèse fondamentale sur laquelle repose la théorie de Newton ? Nullement. Cette proposition que nous venons d'énoncer, Newton la corrige ; puis il lui adjoint une nouvelle proposition non vérifiable par l'expérience ; puis il généralise le résultat obtenu.

Newton corrige, avons-nous dit, la proposition précédente : au lieu que, d'après les lois de Képler, les planètes n'exercent aucune action sur le soleil, Newton énonce que toute planète exerce sur le soleil une action égale et directement opposée à celle qu'elle en reçoit.

Newton se contente-t-il de cette correction ? Non, il ajoute une proposition que l'expérience ne lui fournit pas : à savoir, que si le soleil était remplacé par un autre corps,

les actions exercées sur les diverses planètes seraient multipliées par le rapport de la masse de ce nouveau corps à la masse du soleil.

Est-ce tout? Non encore; Newton généralise le résultat obtenu, et c'est seulement par cette généralisation qu'il peut énoncer le principe fondamental de sa théorie :

Deux corps matériels, dont les dimensions sont négligeables par rapport à leur distance, sont soumis à une attraction mutuelle proportionnelle au produit des masses des deux corps et en raison inverse du carré de la distance qui les sépare.

Qu'a donc fait Newton? A-t-il pris pour hypothèse la traduction symbolique d'une ou de plusieurs lois expérimentales? Nullement. Il a pris pour hypothèse une proposition dont les lois expérimentales placées au début de sa théorie sont seulement des conséquences particulières, exactes ou simplement approchées.

C'est là le procédé général employé par tous les théoriciens. Pour formuler leurs hypothèses, ils font choix de quelques-unes des lois expérimentales dont l'ensemble doit être embrassé par leur théorie ; puis, par voie de correction, de généralisation, d'analogie, ils composent une proposition dont ces lois soient des conséquences exactes ou simplement approchées, et c'est cette proposition qu'ils prennent pour hypothèse.

Les hypothèses sur lesquelles repose toute théorie étant non pas la traduction adéquate des lois expérimentales, mais le résultat d'une élaboration plus ou moins considérable portant sur ces lois, on conçoit que tous les intermédiaires puissent exister entre l'hypothèse qui symbolise presque immédiatement la loi expérimentale, l'hypothèse voisine de l'idéal dont nous parlions il y a un instant, et l'hypothèse si éloignée de l'expérience que sa signification symbolique est presque complètement dissimulée, qu'elle a perdu presque tout sens physique.

§ 4. *Des bornes d'une théorie et des modifications qu'elle peut subir.*

Si toutes les hypothèses sur lesquelles repose une théorie étaient simplement la traduction symbolique de lois expérimentales, toutes les conséquences de la théorie seraient traduisibles en des lois dont le degré de certitude, dont le degré d'exactitude, seraient exactement le degré de certitude et d'exactitude des lois prises comme hypothèses. Mais, nous l'avons dit, les hypothèses sur lesquelles repose une théorie ne sont jamais la traduction exacte de lois expérimentales. Toutes, elles résultent d'une modification plus ou moins profonde imposée à des lois expérimentales par l'esprit du théoricien.

Or, de ce que les hypothèses sur lequelles repose une théorie renferment quelque chose qui n'était pas dans les lois expérimentales par lesquelles elles ont été suggérées, il suit que la certitude et l'exactitude de ces lois ne se retrouvent pas tout entières dans les conséquences de la théorie. Les lois physiques que symboliseraient les conséquences de la théorie peuvent ne pas être toutes exactes. On peut mettre en fait que, quelque vaste et sûre que soit une théorie physique, lorsqu'on la pousse suffisamment loin elle aboutit toujours à des conséquences contraires à l'expérience.

Nous l'avons déjà dit, mais l'assertion est si importante qu'elle vaut la peine que nous y insistions : une bonne théorie n'est pas une théorie dont aucune conséquence n'est en désaccord avec l'expérience ; à prendre cette toise, il n'y aurait aucune bonne théorie ; il est même vraisemblable que la création d'une bonne théorie surpasserait les forces de l'esprit humain. Une bonne théorie, c'est une théorie qui symbolise d'une manière suffisamment approchée un ensemble étendu de lois physiques ; qui ne rencontre de contradictions dans l'expérience que lorsqu'on

cherche à l'appliquer en dehors du domaine où l'on en veut faire usage.

De là il résulte que la valeur d'une théorie est un caractère tout relatif. Il dépend de l'ensemble de lois à la classification systématique desquelles la théorie doit être employée. Telle théorie, bonne pour classer les lois de la distribution sur les corps conducteurs homogènes (telle est la théorie de Poisson), cesse d'être une bonne théorie si l'on veut classer les lois relatives à tous les corps conducteurs, homogènes ou hétérogènes ; ou bien encore si l'on veut comprendre dans un même système les lois de la distribution sur les corps conducteurs et sur les corps diélectiques.

La valeur d'une théorie ne dépend pas seulement de l'ensemble des lois que l'on prétend résumer par cette théorie ; elle dépend encore du degré de précision des méthodes expérimentales qui servent à établir ou à appliquer ces lois ; en effet, on ne demande pas à une conséquence de la théorie de traduire une loi physique formellement identique à la loi expérimentale que l'on a en vue de représenter ; on lui demande seulement de traduire une loi physique dont les écarts par rapport à cette loi expérimentale soient inférieurs à la limite des erreurs d'observation ; c'est, en effet, un principe que l'on ne doit jamais oublier : en physique, deux lois, différentes de forme, doivent être regardées comme identiques si leurs écarts ne peuvent être constatés par les méthodes d'observation dont on dispose.

Dès lors, certaines conséquences d'une théorie pourront être regardées comme conformes aux lois expérimentales par un physicien qui dispose de moyens d'observation donnés, et comme contraires aux lois expérimentales par un autre physicien qui dispose de moyens d'observation plus parfaits, capables d'apprécier des écarts qui échappaient aux instruments du premier.

La théorie classique des gaz, par exemple, était bonne

pour les physiciens lorsque leurs instruments offraient le même degré de précision que ceux de Gay-Lussac. Lorsque le génie inventif de Regnault eut doté la science de procédés beaucoup plus subtils, cette théorie devint mauvaise.

Il y a plus : l'ancienne théorie des gaz, mauvaise pour un physicien dont les recherches réclament toute la précision exigée aujourd'hui, peut demeurer bonne pour un ingénieur, pour un chimiste, si leurs recherches ne réclament pas une exactitude plus grande que celle dont on se contentait au temps de Gay-Lussac.

Ainsi une théorie ne peut être jugée, si l'on ne prend en considération les limites du champ auquel elle prétend s'appliquer et le degré de précision expérimentale qu'elle suppose. Si quelqu'une de ses conséquences, comprise dans les limites du champ pour lequel la théorie se prétend valable, s'écarte d'une loi expérimentale assez pour que l'écart puisse être apprécié par les méthodes d'observation dont la théorie déclare accepter le contrôle, la théorie doit être condamnée; sinon, elle doit être approuvée.

Ce que nous venons de dire montre que l'on peut, sans contradiction, considérer une théorie comme bonne et proposer de la remplacer par une théorie meilleure. La première théorie représentait avec une approximation donnée un ensemble donné de lois expérimentales; la nouvelle théorie représentera un ensemble plus étendu de lois, ou bien représentera les mêmes lois avec une approximation plus grande.

Pour remplacer une théorie par une théorie plus parfaite, il n'est pas toujours, il n'est presque jamais nécessaire de détruire entièrement la première. Très souvent il suffit de former une théorie plus complète, où les définitions, les hypothèses de la première théorie se retrouvent en entier, mais où de nouvelles définitions sont introduites, où de nouvelles hypothèses sont énoncées. C'est ainsi qu'après

avoir traité la théorie de la distribution électrique sur des systèmes qui ne renferment que des corps conducteurs, on peut, sans rien perdre de cette théorie, la compléter de manière qu'elle comprenne aussi les lois de la distribution sur les systèmes qui renferment à la fois des corps conducteurs et des diélectriques.

Parfois, une théorie ne peut être remplacée par une théorie plus parfaite qu'au moyen de transformations plus profondes, qui altèrent les définitions et les hypothèses sur lesquelles reposait la première théorie. Il est aisé de comprendre comment de semblables transformations sont possibles.

La définition d'une grandeur physique implique toujours un haut degré d'arbitraire. Cette grandeur doit présenter un certain nombre, en général assez limité, de caractères qui lui sont imposés par la notion même qu'elle doit symboliser. Mais toute grandeur qui présente ces caractères est propre à symboliser cette notion. En sorte que, pour représenter une même notion, on pourra, en général, faire usage d'une foule de grandeurs extrêmement différentes.

Le simple changement des définitions conduirait déjà à changer les hypothèses. Une même loi expérimentale sera symbolisée par deux énoncés mathématiques différents, si les notions sur lesquelles elle porte sont représentées par des grandeurs différentes. Mais cette modification, purement formelle, peut être regardée comme n'étant pas une véritable transformation de l'hypothèse; c'est simplement une traduction de la même hypothèse au moyen de symboles différents, et ces deux énoncés d'une même hypothèse dans deux systèmes de symboles différents ne constituent pas plus deux hypothèses différentes que les énoncés d'une même proposition en français, en latin et en grec ne constituent trois propositions différentes.

Une hypothèse peut être modifiée d'une manière qui atteint plus profondément sa signification.

Si une hypothèse était simplement la traduction symbolique d'une loi expérimentale, elle ne pourrait être modifiée que de la manière que nous venons d'indiquer, du moins tant que la loi expérimentale continuerait à être considérée comme exacte. Mais en réalité, nous l'avons dit, toutes les hypothèses sont autre chose que la simple traduction d'une loi expérimentale ; elles sont toutes le résultat d'une transformation imposée à la loi expérimentale par l'esprit du physicien ; et c'est par là qu'elles sont modifiables ; deux physiciens différents peuvent faire subir à une même loi expérimentale une transformation différente, par conséquent énoncer deux hypothèses différentes, construire deux théories différentes, aboutir à des conséquences différentes.

Ainsi, plus les hypothèses sur lesquelles repose une théorie seront voisines de cette forme idéale qui est la simple traduction symbolique d'une loi expérimentale, plus il sera difficile de les modifier ; plus, par conséquent, la théorie aura chance de durer autant que les lois expérimentales qu'elle représente ; de se modifier seulement par voie d'extension et d'accroissement, sans être ni altérée, ni détruite. Plus, au contraire, les hypothèses seront éloignées des lois expérimentales qui les ont fait concevoir ; plus le physicien aura mis du sien dans leur énoncé, et plus la théorie sera chancelante et sujette à démolition. En sorte que, dès maintenant, les considérations purement logiques que nous venons de développer nous indiquent dans quel sens le théoricien doit diriger ses efforts, s'il veut donner le jour à une œuvre viable.

§ 5. *Des théories mécaniques.*

Il s'en faut bien que les efforts des théoriciens aient toujours été dirigés dans le sens que nous venons d'indiquer. Leur idéal a été pendant très longtemps, est encore

aujourd'hui, pour beaucoup d'entre eux, extrêmement différent de celui vers lequel nous croyons qu'il faut tendre ; c'est à cette tendance erronée que l'on doit attribuer les incessants bouleversements qu'a subis la Physique théorique et, partant, le discrédit où cette sience est tombée dans l'esprit de beaucoup de physiciens.

Ce faux idéal, c'est la *théorie mécanique.*

Cherchons d'abord à nous rendre compte exactement de la nature de ce qu'on nomme une théorie mécanique.

Nous avons vu qu'à chaque notion physique, la théorie devait substituer, à titre de symbole, une certaine grandeur ; que cette grandeur était astreinte à présenter certaines propriétés, traduction immédiate des caractères de la notion qu'elle symbolise ; mais qu'à part ces caractères, en général peu nombreux, sa définition demeurait absolument arbitraire. Dans une théorie mécanique, on impose en outre à toutes les grandeurs physiques sur lesquelles portent les lois que l'on va avoir à relier entre elles la condition d'être composées au moyen des éléments géométriques et mécaniques d'un certain système fictif ; à toutes les hypothèses, d'être l'énoncé des propriétés dynamiques de ce système.

Prenons, par exemple, la théorie de la lumière. Nous y trouvons certaines notions, celle de couleur, celle d'intensité d'une lumière monochromatique. Ces notions présentent un certain nombre de caractères que devront reproduire les grandeurs qui les symboliseront dans une théorie quelconque. La couleur, par exemple, devra être symbolisée par une grandeur ayant pour chaque couleur une valeur déterminée, et des valeurs différentes pour des couleurs différentes. L'intensité devra être représentée par une grandeur toujours positive, ayant la même valeur en deux points également éclairés, une valeur plus grande au point A qu'au point B si le point A est plus éclairé que le point B. Les lois expérimentales de la propagation de la lumière, des interférences, de la réflexion, de la

réfraction, de la dispersion, lois généralisées au besoin, se traduiront par une série d'hypothèses reliant entre elles ces diverses grandeurs. L'ensemble de ces hypothèses formerait le point de départ d'une *théorie physique* de la lumière.

Ce n'est pas ainsi, par une simple généralisation de lois expérimentales, que nous obtiendrons nos hypothèses, si nous voulons créer une *théorie mécanique* de la lumière. Nous admettrons que toutes les notions physiques que l'on rencontre en étudiant les phénomènes lumineux doivent être représentées par les propriétés mécaniques d'un certain milieu, l'éther. Nous chercherons à imaginer la constitution de ce milieu de façon que ses propriétés mécaniques puissent former un symbole de toutes les lois de l'optique. La couleur sera alors symbolisée par la période d'un certain mouvement vibratoire propagé dans ce milieu ; l'intensité, par la force vive moyenne de ce mouvement ; et les lois de la propagation de la lumière, de sa réflexion, de sa réfraction, devront résulter de l'application à ce milieu des théorèmes fournis par l'Élastique. C'est ainsi que se forme la théorie classique de la lumière.

Beaucoup de physiciens ne veulent pas d'autre théorie qu'une théorie mécanique ; avec Huygens, ils pensent par là être « dans la vraye Philosophie, dans laquelle on conçoit la cause de tous les effects naturels par des raisons de méchanique. Ce qu'il faut faire, à mon avis, ou bien renoncer à toute espérance de jamais rien comprendre dans la Physique. »

Ils exigent que toute grandeur physique soit composée avec les seules grandeurs qui définissent les propriétés mécaniques d'un certain système matériel.

Mais leurs exigences ne s'arrêtent pas toujours là. En général, d'autres obligations, variables avec l'école à laquelle ils appartiennent, viennent se greffer sur celles-là. Pour les uns, le système matériel doit être formé de milieux continus ; pour les autres, d'atomes isolés ; les uns

admettent entre les divers éléments matériels des forces attractives ou répulsives; d'autres rejettent l'existence de semblables forces et veulent que les atomes matériels puissent agir seulement au contact conformément aux lois du choc.

Ainsi, lorsque nous nous proposons simplement de construire une théorie physique, les grandeurs que nous définissons, les hypothèses que nous énonçons ne sont soumises qu'aux conditions que leur imposent d'une part les lois expérimentales, d'autre part les règles de l'algèbre et de la géométrie. Lorsque nous nous proposons de construire une théorie mécanique, nous nous imposons en outre l'obligation de ne faire entrer dans ces définitions et ces hypothèses qu'un nombre très restreint de notions d'une nature déterminée.

Le premier inconvénient d'une semblable méthode, c'est qu'en restreignant le nombre des éléments au moyen desquels doit être construit le symbole d'un ensemble de lois, on ne laisse d'autre ressource au physicien, pour répondre à toutes les exigences de l'expérience, que de compliquer les combinaisons qu'il forme avec ces éléments.

Imaginons deux artistes auxquels on demande de représenter la forme d'un même objet; à l'un, on permet l'emploi de toutes les ressources que lui fournissent les arts du dessin; à l'autre, on ne permet que l'emploi du trait. Le premier, par le jeu des ombres, pourra, sur une seule épure, nous donner de l'objet une représentation que le second égalera à grand'peine en dessinant un grand nombre de profils. Le premier artiste est l'image du physicien qui compose une théorie physique, le second, du physicien qui construit une théorie mécanique. Que l'on examine la complication des milieux imaginés par sir W. Thomson pour rendre compte des lois de l'optique, par Maxwell pour représenter les phénomènes électriques, et l'on comprendra la justesse de cette comparaison.

La méthode qui repousse toute théorie non mécanique

conduit à de grandes complications; il se peut fort bien aussi qu'elle se heurte à des impossibilités. Qui nous assure que toutes les notions physiques, que toutes les lois expérimentales pourront être symbolisées par une combinaison, même très compliquée, des seuls concepts mécaniques? Prenez cet artiste, à qui vous interdisez tout autre procédé que le trait, et demandez-lui de rendre la couleur de l'objet qu'il a devant les yeux : il ne pourra le faire. N'est-ce pas pour une raison analogue que les théories mécaniques les plus complexes n'ont pu, jusqu'ici, rendre un compte satisfaisant du principe de Carnot?

Ainsi, bien loin que la théorie mécanique nous apparaisse comme la théorie idéale, nous la regardons comme une théorie gênée par des entraves qui lui imposent une forme étriquée et parfois même rendent son développement impossible. Nous avons vu qu'une théorie offrait d'autant plus de garanties d'exactitude et de durée que les hypothèses sur lesquelles elle repose étaient plus voisines de la simple traduction des lois expérimentales. Or, parmi les hypothèses sur lesquelles repose une théorie mécanique, il en est un grand nombre qui n'ont pas l'expérience pour source et qui découlent seulement des conventions exigeantes arbitrairement posées par le physicien. Ces hypothèses-là sont le germe qui tue toutes les théories mécaniques.

En effet, les théories mécaniques disparaissent de la science les unes après les autres.

Lorsqu'on compare aux lois expérimentales les conséquences d'une théorie mécanique, on trouve des conséquences vérifiées et des conséquences contredites ; lorsqu'on remonte de ces conséquences aux hypothèses sur lesquelles repose la théorie, on trouve presque invariablement que les conséquences vérifiées découlent de celles des hypothèses qui traduisent simplement les lois expérimentales; tandis que les conséquences contredites découlent de celles des hypothèses qu'impose la nature mécanique de

la théorie. Aussi les physiciens sont-ils amenés peu à peu à supprimer ces dernières hypothèses pour ne garder que les premières ; à transformer une théorie mécanique en une théorie physique. C'est ainsi, par exemple, que la branche de la science qui a été longtemps présentée comme la *Théorie mécanique de la Chaleur*, est devenue graduellement, sous le nom de *Thermodynamique*, l'une des plus parfaites des théories *physiques*.

§ 6. *La physique théorique n'est pas une explication métaphysique du monde matériel.*

Si la théorie mécanique, bien loin d'être la théorie idéale, se présente à peu près comme la théorie la plus éloignée de l'idéal, comment expliquer la vogue qui la fait considérer par tant de physiciens comme le terme suprême de la science? Nous touchons ici au nœud vital de toutes les doctrines erronées dont la physique théorique a fait l'objet.

Nous avons cherché à délimiter exactement la nature et le but de la physique théorique ; elle est, avons-nous dit, un système, une construction symbolique, destinée à résumer, en un petit nombre de définitions et de principes, l'ensemble des lois expérimentales. Voilà son rôle, utile, mais modeste. Il n'est que trop aisé de l'exagérer.

Une tendance invincible nous pousse à rechercher la nature des choses matérielles qui nous environnent, la raison d'être des lois qui régissent les phénomènes que nous observons. Cette tendance entraîne tout homme, depuis le sauvage le plus superstitieux jusqu'au philosophe le plus curieux. Comment ne saisirait-elle pas avec une grande force celui dont les méditations continuelles ont pour objet le monde physique ? A cette tendance, joignez le désir qu'a naturellement tout homme de grossir l'importance d'un objet qu'il a longtemps et péniblement pour-

suivi; vous comprendrez sans peine comment le physicien est conduit à prendre les systèmes qu'il a construits en vue de représenter symboliquement les lois expérimentales pour une explication métaphysique de ces lois.

Il y a plus : non seulement tout, au dedans de lui, pousse le physicien à regarder les théories qu'il a construites comme des explications de la nature ; mais encore la foule au milieu de laquelle il vit exerce sur ses idées une influence puissante dans la même direction. La foule n'a que deux manières de comprendre la physique : ou bien elle lui demande des applications immédiates qui satisfassent ses besoins matériels ; ou bien elle exige d'elle une explication du monde physique qui satisfasse son ambition de tout comprendre. Aussi accueille-t-elle avec méfiance le savant prudent, celui qui définit avec une consciencieuse précision le sens et les limites des lois qu'il énonce. Mais qu'un homme présente à cette foule une théorie plus ou moins étendue comme une explication métaphysique de l'univers, elle accueillera ses enseignements avec une aveugle confiance ; elle rangera au nombre des vérités définitivement établies ces vues d'un esprit qui exagère l'importance de ses conceptions jusqu'à en fausser le caractère essentiel ; elle croira contempler la structure même du monde, et n'aura devant les yeux qu'une construction fragile, bientôt détruite pour faire place à une autre.

Le physicien est donc porté par lui-même, aussi bien que par le milieu qui l'environne, à chercher dans la théorie non une coordination systématique des lois, mais une explication de ces lois. Dès lors, ses préférences vont-elles se porter vers la forme de théorie que nous avons préconisée comme la forme idéale, ou bien vers la théorie mécanique ? Il est bien aisé de voir que la théorie mécanique lui apparaîtra comme le but vers lequel doivent tendre ses efforts.

Imaginons en effet qu'un chercheur ait bien soin, toutes les fois qu'il définit une grandeur physique, de marquer

que cette grandeur est seulement assujettie à symboliser par quelques-uns de ses caractères une notion d'origine expérimentale, et que, par ailleurs, sa définition est entièrement libre ; qu'il ait bien soin, toutes les fois qu'il énonce une hypothèse, de marquer jusqu'à quelle limite cette hypothèse est la traduction d'une loi d'expérience ; quelque étendue, quelque féconde que soit sa théorie, il lui sera bien difficile de perdre de vue son caractère exclusivement symbolique et de croire qu'il a obtenu une explication des lois qu'il a représentées.

Imaginons au contraire un chercheur qui ait construit de toutes pièces un mécanisme plus ou moins compliqué dont les diverses propriétés représentent un certain nombre de lois physiques; il pourra bien plus aisément oublier que si certaines propriétés de son mécanisme symbolisent certaines lois du monde, son mécanisme lui-même ne représente pas le monde; pour représenter une notion physique, il a formé une conception complexe ; il pourra croire que, de même que cette conception complexe représente la notion physique, les éléments qui composent cette conception représentent les causes qui font naître en nous cette notion. Son erreur est semblable à celle d'un mécanicien qui, voyant l'automate qu'il a construit imiter les mouvements d'un homme, finirait par s'imaginer que la structure de l'automate représente l'organisme humain.

Un exemple rendra bien palpable cette différence.

Qu'un physicien introduise dans ses théories la température comme une grandeur destinée à symboliser la notion de chaud ; la quantité de chaleur comme une grandeur destinée à représenter le poids d'un certain corps qu'un phénomène déterminé peut échauffer d'une quantité déterminée ; qu'il introduise le principe de l'équivalence de la chaleur et du travail, le principe de Carnot, comme des généralisations de lois expérimentales ; quelque riche moisson de conséquences que lui apporte la théorie thermodynamique qu'il a conçue, il ne la prendra sûrement pas pour un système métaphysique expliquant l'univers.

Au contraire, qu'un physicien imagine un système formé d'un nombre immense de petits corps animés d'un mouvement stationnaire ; qu'il suppose la force vive moyenne de ces petits corps proportionnelle à la température absolue ; que, par des suppositions convenablement choisies sur leur nombre, leurs dimensions, les mouvements qui les animent, les forces qu'ils exercent les uns sur les autres, il arrive à déduire le principe de l'équivalence de la chaleur et du travail, voire le principe de Carnot, de l'application des théorèmes de la mécanique à ces petits corps, et il sera tenté de s'écrier : « Voilà comment est fait le monde ! »

C'est donc parce que beaucoup veulent pouvoir dire, en montrant les combinaisons qui résultent du jeu de leur esprit : « cela est l'explication de l'univers », que beaucoup ne sont point satisfaits d'une théorie si elle n'emprunte tous ses éléments à la mécanique.

A ceux qui veulent que leurs théories expliquent la nature et les causes des lois physiques, opposons celui qui ne cherche dans la physique théorique qu'un symbole de ces lois ; celui-là ne limitera pas d'avance le nombre et la nature des notions qu'il lui sera permis de combiner entre elles ; il admettra dans son système d'autres grandeurs que celles de la géométrie et de la mécanique ; lorsqu'une quantité aura été nettement définie, lorsqu'on aura posé d'une manière précise les règles d'après lesquelles elle doit être traitée dans les raisonnements et dans les calculs, mesurée dans les expériences, il ne se refusera nullement à en faire usage ; si les hypothèses faites sur cette quantité permettent de bien représenter la classe de phénomènes qu'il étudie, son esprit sera satisfait ; il ne perdra pas son temps et ses efforts à remplacer cette notion par une combinaison de concepts géométriques et mécaniques.

Ainsi, dans la théorie de la chaleur, il cherchera à poser d'une manière précise les règles suivant lesquelles on doit raisonner sur les notions de *température* et de *quan-*

tité de chaleur; puis, développant, en conformité avec ces règles, la chaîne de ses déductions, il en poussera les conséquences dans l'étude de la vaporisation, de la fusion, de la dissociation, de la dissolution; lorsqu'il verra une multitude de phénomènes variés et compliqués se débrouiller, se classer, se relier les uns aux autres par la théorie qu'il a conçue, il croira avoir atteint son but. Que l'on vienne lui demander de construire, à l'aide des notions d'espace, de temps et de masse, des concepts complexes jouissant de propriétés analogues à celles qu'il attribue à la température et à la quantité de chaleur, il dédaignera de satisfaire à ces exigences; qu'on lui reproche alors d'employer des *qualités occultes,* il ne se sentira pas atteint par cette critique : il a voulu classer les lois, non dévoiler les causes.

§ 7. *Du rôle des théories mécaniques dans l'histoire de la science.*

La critique à laquelle nous venons de soumettre les théories dites mécaniques soulève immédiatement une objection : si ces théories ont pour principe une idée si complètement erronée du rôle de la physique, d'où vient qu'elles aient fait faire à la physique de si grands progrès?

Cette objection mérite qu'on y réponde, car il est impossible de nier les découvertes que la science doit aux théories mécaniques. Descartes, Newton, Huygens, Laplace, Poisson, Fresnel, Cauchy, sont tous acquis à l'idée que la physique doit être purement mécanique, et nous leur devons la physique moderne. La théorie de la lumière, telle qu'elle est sortie du génie de Fresnel, a été la plus féconde des théories, et c'est une théorie mécanique.

L'objection est aisée à dissiper.

C'est toujours au début d'une science que son rôle est le

plus mal défini. Ceux qui la créent sont, plus que d'autres, portés à en exagérer la portée. Il n'est donc nullement étonnant que les créateurs de la physique théorique aient presque tous cherché à édifier des théories mécaniques. Mais ce n'est pas parce qu'ils ont fait usage de semblables théories qu'ils ont fait une abondante moisson de découvertes. Ce qui est vrai, c'est que, d'une part, les théories doivent se montrer surtout fécondes à l'origine de la physique théorique, et que, d'autre part, à l'origine de la physique théorique, les théories mécaniques doivent naturellement être en faveur. La fécondité des théories mécaniques au siècle dernier et au commencement de celui-ci n'est donc pas une suite logique de la nature de ces théories. Il y a simplement coïncidence entre leur forme mécanique d'une part, et la multiplicité et l'importance des découvertes qu'elles produisent d'autre part ; coïncidence nullement fortuite d'ailleurs, mais découlant des lois qui président au développement de la science.

C'est ainsi que, dans l'enfance, la naïveté coïncide avec l'acquisition d'une masse énorme de connaissances, sans que l'un de ces caractères puisse être regardé comme conséquence de l'autre ; l'un et l'autre coïncident simplement, et cela parce que l'un et l'autre dérivent des lois du développement de l'intelligence humaine. C'est au début de son développement intellectuel que l'enfant apprend le plus ; c'est aussi à ce début qu'il se rend le moins exactement compte de la valeur de ses connaissances.

Si l'opinion que nous émettons là est exacte, au fur et à mesure que la physique théorique se perfectionne, les physiciens les plus éminents doivent comprendre de mieux en mieux sa nature et son but; leurs faveurs doivent peu à peu abandonner les théories mécaniques pour se porter vers les véritables théories physiques ; celles-ci doivent hériter de la fécondité que perdent celles-là. Ceux qui suivent de près l'histoire de la science à notre époque ne peuvent manquer d'avoir remarqué cette décadence des

théories mécaniques et cette importance toujours croissante des théories purement physiques.

Ainsi, ce que nous avons dit de la nature de la physique théorique nous explique les changements qu'ont subis, au cours de l'histoire, les méthodes propres à la traiter.

Il est encore une autre question historique qui peut être éclairée par les remarques précédentes.

Si le physicien cherche dans ses théories une explication des lois de la nature, il ne pourra accepter comme satisfaisante qu'une théorie conforme à ses idées métaphysiques. Si le philosophe croit trouver dans les théories développées par le physicien la raison d'être des phénomènes matériels, il s'inspirera de ces théories dans la construction de son système métaphysique. De là une action mutuelle très intime, très puissante, de la physique et de la métaphysique de chaque époque. La métaphysique cartésienne imprime son sceau non seulement à la physique de Descartes, mais aussi à celle d'Huygens, et ses caractères essentiels se retrouvent dans l'œuvre d'Euler et dans celle de Lagrange. Avec Newton, apparaît une école de physique, dont Laplace, Poisson et Cauchy sont, après le fondateur, les plus hautes personnalités; l'histoire de cette école, que l'on pourrait nommer l'*École de l'attraction moléculaire,* est intimement liée à l'histoire des idées Leibnitziennes. De nos jours, certaines écoles philosophiques, celle d'Herbert Spencer par exemple, sont tout imprégnées d'idées empruntées à certaines théories thermodynamiques. C'est un point que nous nous bornons à indiquer ici en passant, mais dont la claire vue illumine l'histoire entière des théories physiques.

Au fur et à mesure que l'on se rendra mieux compte du rôle purement symbolique des théories physiques, ces théories deviendront plus indépendantes des doctrines métaphysiques en vogue, et en même temps elles renonceront à la prétention mal fondée d'imposer leur système à la métaphysique. Il se passera pour elles quelque chose

d'analogue à ce qui s'est produit pour l'analyse mathématique. Née des doctrines métaphysiques et théologiques relatives aux rapports entre l'infini et le fini, aux relations entre le surnaturel et le naturel, l'analyse mathématique a, en retour, exercé sur la métaphysique et la théologie une influence qui n'a pas toujours été exempte de prétentions tyranniques. Il a fallu le génie d'un Lagrange pour deviner, et les efforts d'un siècle de grands mathématiciens pour prouver que l'analyse mathématique avait son domaine propre, ses méthodes propres, et qu'elle ne devait ni accepter le joug de la métaphysique et de la théologie, ni leur imposer le sien.

§ 8. *Toutes les théories d'une même classe de phénomènes ne sont pas équivalentes.*

Nous ne sommes point seuls à professer les idées que nous venons d'exposer, et, s'il est un avis que nous soyons heureux de pouvoir invoquer à l'appui du nôtre, c'est assurément celui de l'analyste illustre qui a écrit les lignes suivantes :

« Les théories mathématiques n'ont pas pour objet de nous révéler la véritable nature des choses ; ce serait là une prétention déraisonnable. Leur but unique est de coordonner les lois physiques que l'expérience nous fait connaître, mais que, sans le secours des mathématiques, nous ne pourrions même énoncer » (1).

Le même auteur continue en ces termes :

« Les théories proposées pour expliquer les phénomènes optiques par les vibrations d'un milieu élastique sont très nombreuses et également plausibles. »

Dans ces lignes, nous croyons pressentir une tendance qui règne, en notre temps, dans tous les domaines intellectuels

(1) H. Poincaré. *Théorie mathématique de la Lumière.* Préface.

et qui commence à imposer son empire même à la Physique Mathématique : cette tendance consiste à regarder comme équivalentes les différentes théories que l'on peut donner d'un même ensemble de lois, et à les étudier toutes sans accorder de préférence à aucune d'entre elles. Nous voudrions, en quelques mots, marquer en quoi l'application de cette méthode à la Physique Théorique est illégitime et comment il est possible d'en éviter l'emploi.

Assurément, celui qui tient toute théorie physique non point pour une explication de la nature, adéquate à son objet, mais pour un système destiné à fournir le symbole d'un ensemble de lois expérimentales, se gardera bien de croire qu'une seule théorie soit capable de représenter une classe donnée de phénomènes ; autant vaudrait croire que deux portraits d'un même homme ne peuvent être différents l'un de l'autre et pourtant ressemblants.

Mais s'il est possible de faire d'un même homme une foule de portraits différents, il n'en résulte pas que l'on ne puisse raisonnablement préférer un de ces portraits aux autres ; de même, il peut se faire que différentes théories d'une même classe de phénomènes soient logiquement acceptables sans être pour cela également plausibles ; nous pouvons avoir des motifs raisonnables de préférer l'une d'entre elles.

Et d'abord, nous supposons que les différentes théories entre lesquelles il s'agit de choisir soient toutes logiquement acceptables ; car il existe des théories que la logique nous contraint de rejeter ou de modifier.

La logique laisse libre le choix des hypothèses ; mais elle exige que toutes ces hypothèses soient compatibles entre elles, qu'elles soient toutes indépendantes les unes des autres ; une théorie n'a pas le droit d'invoquer des hypothèses inutiles ; elle doit en réduire le nombre au minimum ; elle n'a pas le droit de réunir ensemble les conséquences déduites d'hypothèses inconciliables.

La série de déductions qui part des hypothèses et qui

constitue le développement de la théorie est, dans toute son étendue et en toute rigueur, soumise aux lois de la logique. Il n'est pas permis d'y dissimuler une lacune, si petite soit-elle; si cette lacune peut être comblée, elle doit l'être; si elle ne peut être comblée, elle doit, du moins, être nettement délimitée et signalée sous forme de postulat. *A fortiori,* aucune contradiction n'y peut être tolérée.

La comparaison des résultats de la théorie avec les faits est une opération qui n'est pas exclusivement soumise aux lois du raisonnement déductif; l'appréciation du degré d'approximation qui peut être regardé comme suffisant a quelque chose d'arbitraire; mais si, dans le domaine auquel la théorie prétend s'appliquer, nous rencontrons une loi expérimentale qui soit en contradiction avec les conséquences de la théorie, la théorie doit être rejetée, ou, tout au moins, on doit restreindre l'étendue de la classe de lois qu'elle prétendait embrasser.

Maintenir une théorie que les faits démentent, c'est faire preuve d'une obstination puérile. Quant à ceux — et il y en a — qui, chargés d'observer les faits, dissimulent ou faussent sciemment les résultats des expériences pour éviter la ruine d'une idée dont le succès flatte leur vanité, ce n'est plus à la logique de condamner leur erreur, mais à la morale de flétrir leur duperie.

Les règles que nous venons d'énoncer sont banales, ou, du moins, devraient l'être; elles l'étaient autrefois.

« Les anciennes théories de la Physique nous donnaient, à cet égard, une satisfaction complète. Tous nos maîtres, depuis Laplace jusqu'à Cauchy, ont procédé de la même manière. Partant d'hypothèses nettement énoncées, ils en ont déduit toutes les conséquences avec une rigueur mathématique, et les ont comparées ensuite avec l'expérience. Ils semblent vouloir donner à chacune des branches de la Physique la même précision qu'à la Mécanique céleste.

» Pour un esprit accoutumé à admirer de tels modèles, une théorie est difficilement satisfaisante. Non seulement il n'y tolèrera pas la moindre apparence de contradiction, mais il exigera que les diverses parties en soient logiquement reliées les unes aux autres et que le nombre des hypothèses distinctes soit réduit au minimum » (1).

Dans notre temps, qui semble se plier avec peine aux règles de la logique, ces exigences paraissent exagérées à bien des esprits, à de grands esprits peut-être.

Prenons un exemple. Maxwell écrit un Traité d'Électricité; dans ce traité, il développe plusieurs théories différentes, inconciliables entre elles (2), parfois même, comme sa théorie des pressions à l'intérieur des diélectriques, contradictoires avec les principes les mieux assis de l'Hydrostatique et de l'Élasticité ; il ne se préoccupe pas d'expliquer ces contradictions, de séparer le domaine de chacune de ces théories; il les mêle au contraire et les enchevêtre; les débrouiller devient une tâche tellement difficile qu'un illustre analyste ne la regarde pas comme indigne de ses efforts; à toute cette œuvre manque un contrôle expérimental précis; parfois même les faits lui donnent tort. Les physiciens, sans doute, refuseront une œuvre semblable ? Ils vont la démonter pièce à pièce, gardant seulement ce qu'elle peut renfermer de bon parmi ses incohérences, pour le faire entrer dans une œuvre plus une, plus logiquement construite ? Nullement : tous admirent l'œuvre du maître, tous la reproduisent dans leur enseignement, redisant ce qu'elle renferme d'incompréhensible, en avouant parfois, avec une sorte de respect superstitieux, qu'ils ne comprennent pas: à les entendre, il semblerait que la science ait le droit de proposer des mystères à notre croyance !

N'hésitons pas à repousser cette faiblesse; une théorie

(1) H. Poincaré. *Électricité et Optique.* I. *Les Théories de Maxwell. Introduction.*

(2) Voir l'ouvrage précédemment cité de M. Poincaré.

illogique n'est pas un mystère devant lequel la raison puisse s'incliner; elle est une absurdité que la raison doit rejeter sans pitié; peu importe qu'elle soit due à un grand physicien; une idée puissante peut être fausse; admirons l'auteur et condamnons l'idée.

Mais, d'une même classe de phénomènes, il peut exister plusieurs théories, toutes fondées sur des hypothèses clairement énoncées, toutes logiquement construites, toutes en accord satisfaisant avec les faits qu'elles prétendent représenter : l'Optique nous en offre un saisissant exemple (1). Logiquement, toutes ces théories sont acceptables; en résulte-t-il qu'elles soient toutes équivalentes ? Aucun criterium logique ne décide entre elles ; en résulte-t-il que nous ne puissions avoir aucun motif raisonnable de préférer l'une à l'autre ?

Trois caractères peuvent nous servir à choisir entre ces différentes théories; ce sont :

L'étendue de la théorie;

Le nombre des hypothèses;

La nature des hypothèses.

Deux théories sont en présence : l'une embrasse une certaine classe de phénomènes; l'autre embrasse, dans une représentation unique, non seulement cette classe de phénomènes, mais encore d'autres classes auxquelles ne peut s'étendre le mode de représentation adopté par la première : assurément, nous devrons préférer la seconde.

Ainsi, la théorie de la réflexion et de la réfraction donnée par Fresnel, bonne pour les corps amorphes, ne peut s'étendre aux cristaux; la théorie qu'ont donnée Mac Cullagh et F. E. Neumann embrasse, dans un même exposé, les corps amorphes et les cristaux : cette dernière doit être préférée à la première.

Deux théories de même étendue peuvent invoquer un

(1) Voyez. F. E. Neumann. *Vorlesungen über die Theorie der Elasticität der festen Körpern und des Lichtäthers.* — H. Poincaré. *Théorie mathématique de la Lumière.*

nombre différent d'hypothèses : celle qui invoque le moins d'hypothèses est, à coup sûr, la meilleure.

Enfin, et c'est le point essentiel lorsque deux théories sont également étendues, qu'elles invoquent sensiblement le même nombre d'hypothèses, la nature même de ces hypothèses peut encore fournir un motif plausible pour choisir entre elles ; les hypothèses sur lesquelles repose une des théories peuvent être plus simples, plus naturelles, traduire plus immédiatement les données de l'expérience que celles sur lesquelles repose l'autre théorie.

Ainsi, la théorie de la double réfraction imaginée par Lamé repose sur ces deux hypothèses :

Dans chaque direction, le milieu propage deux ondes ;

A chacune de ces ondes correspond une direction de vibration située dans l'onde.

Le sens de ces hypothèses est très clair ; nous voyons immédiatement quelles sont les lois physiques, généralisées il est vrai, mais non dissimulées, qu'elles représentent. La théorie de Cauchy, au contraire, fait sur la nature de l'éther des hypothèses dont le sens physique nous échappe, dont la vérification expérimentale directe nous manque. Nous devons raisonnablement préférer la théorie de Lamé à celle de Cauchy.

Ainsi, en affirmant que la Physique Mathématique n'est pas l'explication du monde matériel, mais une simple représentation des lois découvertes par l'expérience, nous évitons l'obligation de déclarer vraie, pour chaque ordre de phénomènes, une théorie à l'exclusion de toute autre. Mais nous ne sommes pas condamnés pour cela à adopter toutes les théories, logiquement constituées, d'un même ensemble de lois : nous avons, pour choisir entre elles, des règles très sûres, qui, bien souvent, nous permettront de préférer raisonnablement l'une d'entre elles à toutes les autres.

§ 9. *Du rôle que les mathématiques et l'expérience doivent jouer dans la constitution d'une théorie physique.*

Une théorie physique est une représentation systématique d'un ensemble de lois expérimentales ; elle prend pour point de départ des hypothèses choisies de manière à représenter certaines de ces lois ; elle les combine par le raisonnement mathématique pour en tirer des conclusions qu'elle soumet au contrôle de l'expérience.

L'expérience fournit donc la matière des définitions et des hypothèses sur lesquelles repose toute théorie ; tout résultat de la théorie doit être une loi d'expérience ; l'analyse mathématique est l'instrument qui met la matière en œuvre pour en tirer les résultats. Cette règle très simple fixe les rapports que doivent garder entre elles, dans la construction d'une théorie, la méthode mathématique et la méthode expérimentale.

Les règles les plus simples sont souvent celles que l'on viole le plus volontiers ; ainsi en est-il de celle que nous venons d'énoncer ; peu la respectent : les uns exagèrent le rôle de la méthode expérimentale, les autres la part de l'analyse mathématique.

Pour les uns, la physique doit être exclusivement étudiée par la méthode expérimentale ; et, par là, ils n'entendent pas énoncer cette vérité incontestable que toute recherche physique a l'expérience pour point de départ et pour point d'arrivée ; ils entendent bannir l'emploi, dans l'étude de la physique, de l'instrument mathématique ; c'est un instrument inutile et dangereux ; il ne découvre rien ou ne démontre que des erreurs ; à ceux qui le manient, on doit refuser le titre de physiciens, le droit d'enseigner la physique ; le fait seul, le fait brutal et isolé, doit être constaté, enseigné, reproduit ; toute idée, par cela même qu'elle est une idée, est fausse et condamnable.

Nous ne nous attarderons pas à discuter cette doc-

trine qui fait d'un instrument enregistreur le physicien idéal.

Aussi bien, parmi ceux qui professent cette doctrine, il en est peu qui y conforment pleinement leurs écrits ou leur enseignement ; ils font usage des mathématiques ; mais ils ne veulent se servir que de certaines branches de l'analyse ; il est d'autres branches qu'ils trouvent trop élevées et que, dès lors, ils regardent comme inutiles ; lorsqu'une définition leur semble trop minutieuse, une démonstration trop difficile, un calcul trop long, ils déclarent que la physique peut s'en passer et les rejettent.

Comment peindre l'état de confusion où ces doctrines illogiques ont plongé l'étude des phénomènes naturels ? Pour éviter les longues et délicates définitions, on emploie à chaque instant des grandeurs que l'on n'a pas suffisamment définies ; pour fuir la complication d'un raisonnement précis, les intégrales qui chargeraient un calcul juste, on se contente d'à peu près ; on masque les difficultés ; on les tourne par des faux-fuyants ; parfois, ce sont de véritables jeux de mots, facilités par l'absence de définitions précises, qui servent à construire une théorie ; l'esprit, égaré par ces tours de passe-passe, perd la notion des méthodes rationnelles, ou bien, s'il la conserve, il abandonne avec dégoût l'étude théorique des phénomènes naturels pour se réfugier dans les travaux de pure observation, comme la chimie et l'histoire naturelle, ou dans les recherches de pure logique, comme les mathématiques abstraites. C'est un phénomène qu'ont pu constater tous ceux qui ont observé l'effet produit par l'enseignement de la physique sur l'intelligence des élèves auxquels il s'adresse.

L'instrument mathématique est nécessaire à l'étude de la physique et le physicien doit être capable d'employer, lorsqu'il le faut, toutes les pièces de cet instrument. Si une théorie fait appel à des considérations analytiques élevées et compliquées, il peut être bon de ne la pas exposer devant un auditoire trop peu instruit ; mais il serait illogique de

lui reprocher la complexité de l'appareil qui sert à la construire, à moins qu'à cet appareil on n'en puisse substituer un autre qui soit aussi solide et d'un maniement plus facile.

Les mathématiques sont donc l'instrument nécessaire à la construction de toute théorie physique ; mais elles ne sont qu'un moyen et non pas un but ; c'est un principe que l'on ne doit jamais perdre de vue, si l'on veut éviter les abus de la Physique Mathématique.

Des définitions et des hypothèses qui servent de point de départ à une théorie doivent sortir les équations fondamentales de cette théorie ; l'analyse mathématique procèdera avec grand soin à cette mise en équation, précisant les conditions, les restrictions auxquelles elle est soumise.

Les relations qui font dépendre les unes des autres les lois auxquelles s'applique la théorie, s'expriment par les propriétés générales des équations ainsi établies ; l'analyse mathématique démontrera avec la dernière rigueur les théorèmes qui énoncent ces propriétés et en délimitera exactement la portée.

Les conséquences de la théorie doivent être soumises au contrôle de l'expérience ; la théorie introduit, en général, la considération de quantités, propres à chaque corps, dont la valeur doit être déterminée par des mesures ; l'analyse mathématique discutera jusque dans les derniers détails les problèmes particuliers qui justifient les expériences de contrôle, ou qui servent à instituer les méthodes de mesure.

Mais, si l'analyse mathématique s'attache à démontrer des théorèmes généraux, bien que ces théorèmes ne servent point à établir de lien entre des lois expérimentales ; si elle épuise ses efforts à résoudre des problèmes particuliers sans usage pour l'expérimentateur, elle oublie que, dans l'étude de la physique, elle ne doit être qu'un instrument ; en se proposant pour but au théoricien, elle excède son rôle.

Ce n'est pas que les efforts ainsi provoqués soient toujours perdus ; en perfectionnant et compliquant un instrument plus que ne l'exigent les usages auxquels il est destiné, il peut arriver qu'on le rende propre à d'autres usages. Aussi, les théorèmes que l'analyste déduit de certaines équations de la Physique Mathématique, inutiles peut-être pour la théorie qui a fourni ces équations, peuvent jeter un grand jour sur une autre théorie.

La Mécanique céleste, par exemple, conduit à l'étude des fonctions harmoniques ; les géomètres ont découvert à ces fonctions une foule de propriétés qui n'ont aucun emploi en Mécanique céleste ; mais ces propriétés sont d'un usage continuel dans les théories de la Chaleur, de l'Électricité, du Magnétisme.

D'ailleurs, les développements analytiques d'une théorie physique peuvent, à défaut d'application, posséder cette beauté qui donnerait une raison d'être aux mathématiques lors même qu'on les supposerait inutiles. Celui qui, perfectionnant un outil, dépasse les exigences de l'utile au point d'atteindre au beau et d'enfanter une œuvre d'art, n'a certes pas perdu son temps et ses efforts.

Mais si l'on doit admirer ceux qui, des équations d'une théorie physique, déduisent des théorèmes propres à éclairer une autre théorie ; ceux aussi qui en tirent un beau système analytique ; on ne peut que condamner ceux pour qui la physique est un prétexte à faire des calculs sans utilité comme sans beauté : l'habileté de leurs artifices, la complexité de leurs combinaisons, la subtilité de leurs intuitions peuvent étonner un instant ; mais on se détourne ensuite de leurs recherches avec ce sentiment de regret qu'inspire tout effort perdu ; ceux-là sont des mécaniciens qui auraient pu construire une machine utile et qui n'ont inventé qu'un automate curieux.

§ 10. *En quoi la physique théorique est utile.*

Nous avons vu quelle était la nature de la physique théorique ; quelle signification philosophique il convenait d'attribuer à ses résultats ; dans quelle proportion l'expérience et l'analyse mathématique devaient s'associer pour la constituer ; il nous reste à marquer d'une manière précise de quel genre d'utilité est l'étude de cette science.

Le but de la physique théorique est de relier entre elles, de classer les connaissances acquises par la méthode expérimentale. Sans le lien systématique que la spéculation établit entre elles, les lois données par l'expérience forment un amas confus et inextricable. L'esprit humain a besoin d'un fil qui le guide dans ce dédale ; la théorie le lui fournit.

La théorie est donc destinée à coordonner les lois découvertes par l'expérience ; elle n'est pas destinée à faire découvrir de nouvelles lois.

Il est parfois arrivé au théoricien de prédire, comme conséquence de ses déductions, une loi expérimentale qui n'avait pas encore été reconnue par l'observation ; les découvertes de ce genre frappent vivement l'esprit, mais elles sont rares ; la plupart des découvertes expérimentales sont dues, comme de juste, à la méthode expérimentale. Beaucoup de physiciens reprochent à la théorie le petit nombre des faits nouveaux qu'elle a annoncés ; une plus exacte connaissance du domaine propre à chaque ordre de recherches les conduirait à admirer ces prédictions : ce sont les preuves de la fécondité d'une méthode donnant au delà de ce qu'on doit exiger d'elle.

Si la théorie n'a pas pour objet de faire découvrir de nouvelles lois expérimentales, encore moins a-t-elle pour objet de produire des inventions utiles dans la pratique. Les spéculations de la théorie, les recherches expérimentales, les applications pratiques sont trois domaines dis-

tincts qu'il importe de ne pas confondre; ceux qui explorent un de ces domaines ne sont pas tenus de faire des découvertes dans les autres.

Mais si ces domaines sont distincts, ils ne sont pas indépendants; la connaissance de chacun d'eux aide à la connaissance des autres; entre les explorateurs de ces différents domaines doit s'établir un continuel échange de questions et de renseignements.

Les besoins de l'application suggèrent à l'expérimentateur des phénomènes à observer, des lois à établir; les lois établies par l'expérimentateur fournissent à l'ingénieur des données qui lui permettent de modifier, de perfectionner ses inventions; de là une continuelle influence de la science appliquée sur la science expérimentale et de la science expérimentale sur la science appliquée.

Ces lois, auxquelles est parvenu l'expérimentateur, sont la matière sur laquelle travaille le théoricien; il les classe, les résume en un petit nombre de propositions qui permettent à l'esprit de les voir d'ensemble, d'en saisir les relations; et lorsque les efforts du théoricien ont ainsi condensé un grand nombre de lois en un petit nombre de symboles simples, clairs, faciles à manier, l'expérimentateur aperçoit nettement, dans chaque partie de la physique, ce qui est fait et ce qui reste à faire; l'ingénieur, embrassant d'un coup d'œil les lois innombrables découvertes par l'observation, peut vite et sûrement saisir celles qui lui seront utiles. Certes, ceux qui ont fait faire, dans ces dernières années, de si grands progrès à l'industrie électrique ne sont pas ceux qui ont créé la théorie de l'électricité. Mais si les Paccinoti, les Gramme, les Siemens, les Edison, ont pu manier le courant électrique et l'asservir à l'industrie humaine, c'est parce qu'Ampère, Faraday, Ohm, Kirchhoff, Neumann, Weber, l'avaient asservi à l'intelligence humaine et avaient appris aux physiciens à manier les lois auxquelles ce courant obéit.

Reconnaissons donc « qu'il n'est pas inutile de tâcher

de réunir les faits sous un même point de vue, en les rattachant à un petit nombre de principes généraux. C'est le moyen de saisir plus aisément les lois, et je pense que les efforts de ce genre peuvent contribuer, autant que les observations mêmes, à l'avancement de la science » (1).

P. DUHEM.

(1) Fresnel. *Œuvres*, t. I, p. 484.

LES

AXOLOTLS ET LEUR MÉTAMORPHOSE

Cuvier. *Rech. anat. sur les rept. regardés encore comme douteux par les natur., faites à l'occasion de l'axolotl rapporté par M. de Humboldt du Mexique.* Voy. de Humboldt et Bonpland, 2e part., 1er vol., p. 93.

A. Duméril. *Observat. sur la reproduct. dans la Ménag. des Rept. du Mus. d'Hist. Nat. des axolotls (Batr. urodèles à branch. extér.) du Mexique, sur leur développement et sur leurs métam.* Nouv. arch. du Mus., II, pp. 265-292. — Cfr Comptes rend., LX, pp. 765-767; LXI, pp. 775-778; LXV, pp. 242-246; Nouv. arch., III, pp. 119-130, pp. 189-192; Ann. des sc. nat. (Zool.), VII, pp. 229-254.

A. Duméril. *Création d'une race blanche d'axol. à la Ménag. des Rept. du Mus. d'Hist. Nat., et remarques sur la transformat. de ces batr.* Comptes rend., LXX, pp. 782-785.

N. Wagner, Meinerit, Pagenstecher et Ganine. *Observat. sur la reproduct. parthénog. chez quelques larves d'ins. diptères.* Ann. des sc. nat.(Zool.), IV, pp. 259-291.

Dr A. Weismann. *Ueber die Umwandlung des mexicanischen Axolotl in ein Amblystoma.* Zeitschr. für wiss. Zool. Suppl. Band, 1875.

J. Velasco. *Descripcion, metamórfosis y costumbres de una especie nueva del género Siredon.* La Naturaleza, IV, pp. 209-236.

J. Velasco. *Anotaciones y observaciones al trabajo del Sr A. Weismann, sobre la transformacion del ajolote Mexicano en amblistoma.* La Naturaleza, V, pp. 58-84.

Revue de Zool. et d'anat. Rev. scient., 3e sér., III, pp. 603-604.

En se promenant à la campagne au mois de mars ou d'avril, si l'on vient à jeter le regard sur les fossés ou sur de clairs ruisseaux au cours paisible, on y verra s'agiter des multitudes de petits points noirs prenant leurs ébats

dans tous les sens. Ce sont des têtards de grenouilles plus ou moins fraîchement sortis de l'œuf. La vivacité de leurs mouvements contraste avec leur apparence lourde et globuleuse. Cuvier aurait eu peut-être quelque peine à montrer chez eux la réalisation de son principe de la corrélation des organes, si évidente dans d'autres formes animales, dans celle du poisson par exemple, où tout concourt à fendre les eaux : le corps aplati, le museau effilé en pointe, le dos et le ventre aiguisés comme des couteaux. Les têtards, eux, sont des barques en forme de sphères auxquelles on a adapté comme unique moyen de propulsion un aviron flexible placé à l'arrière comme un gouvernail. Et cependant ils ne manquent pas d'agilité et savent parfaitement échapper à la poursuite de leurs ennemis par les mouvements sinueux qu'ils impriment à leur longue queue aplatie.

En les examinant au microscope, on voit un mince courant d'eau sortir du côté gauche de leur corps. Grâce à la présence de ce courant, on est amené à distinguer de ce côté une petite fente. C'est le seul signe extérieur qui témoigne chez eux de la présence des branchies. Deux ou trois jours après l'éclosion des œufs, les branchies sont très apparentes ; elles forment des deux côtés de la tête deux panaches festonnés très élégants. Il est intéressant d'y observer à l'aide du microscope le courant saccadé du liquide sanguin chargé de globules, qui sont sphériques et non ovales comme ils le seront plus tard. Ces panaches diminuent bientôt de grandeur et se retirent à l'intérieur de corps. La fente branchiale droite disparaît même aussi et l'eau avalée par la bouche s'écoule par la fente gauche.

Quoique les têtards aient des branchies, ils ne se tiennent pas constamment sous l'eau comme les poissons. Ils montent très souvent à la surface, aspirent ou plutôt avalent de l'air, plongent de nouveau, et dans leur mouvement de descente laissent échapper par la bouche une

minuscule bulle d'air. Ces bulles n'éclatent pas, mais s'amassent à la surface et la recouvrent comme d'une écume.

Il est bien difficile de ne pas croire que ce ne soit là un commencement de respiration aérienne. Dès les premiers temps de leur existence, les têtards ont en effet, non seulement des branchies, mais aussi des poumons. La présence simultanée, à une certaine phase de leur développement, des deux appareils respiratoires branchial et pulmonaire, est même le caractère distinctif de la classe des *Amphibiens* à laquelle les grenouilles appartiennent, et qui est parfois appelée de leur nom *Batraciens*.

Mais tous les amphibiens ne se comportent pas de la même manière sous ce rapport. Les uns perdent leurs branchies à l'état adulte, ce sont les *caducibranches ;* les autres les conservent toute leur vie et sont *pérennibranches*.

Les crapauds, les grenouilles, les salamandres, les tritons sont caducibranches. A la même catégorie appartient encore une grande salamandre de vingt à vingt-cinq centimètres vivant aux État-Unis, l'*Amblystome*, nom plus correct que celui d'*Ambystome* employé concurremment avec le premier. Comme le témoigne leur nom, la bouche de ces animaux est ronde et émoussée.

Les pérennibranches sont représentés par le Protée aveugle des grottes de la Carniole, le Ménobranche dont le corps lourd et massif peut atteindre soixante centimètres, et la Sirène qui a perdu la paire postérieure de membres et s'allonge en arrière comme une anguille. A la différence des caducibranches, tous trois se reproduisent lorsqu'ils ont encore des branchies, et on ne les voit jamais se dépouiller de cet organe respiratoire.

Au commencement de ce siècle, de Humboldt envoya à Cuvier un être assez curieux originaire du Mexique, où il est connu sous le nom indien d'*Axolotl*. Il est parfois

d'un vert noirâtre, mais sa livrée est assez variable; il ressemble pour la forme du corps à un têtard de triton muni de ses quatre pattes, mais énormément plus grand, puisque sa taille peut atteindre vingt-cinq centimètres. Comme le têtard, il a une queue aplatie verticalement. Le têtard, lorsqu'il a ses quatre membres, a les branchies atrophiées; l'axolotl les a parfaitement développées, au nombre de trois de chaque côté. Il est donc complètement adapté à la vie aquatique, et l'adaptation est rendue plus manifeste encore par une nageoire membraneuse qui forme sur son dos une crête analogue à celle des tritons.

C'était un amphibien à coup sûr; mais était-ce un caducibranche ou un pérennibranche ? Les pérennibranches étaient des exceptions dans la nature ; trois familles seulement étaient connues comme telles : les protées, les ménobranches et les sirènes; toutes les autres familles étaient caducibranches. Un naturaliste mis en présence d'un amphibien à branchies sera donc toujours tenté de le considérer comme un têtard de caducibranche. Cuvier pencha également vers cette hypothèse et fut confirmé dans son opinion par un examen plus attentif de l'animal. Le squelette était encore cartilagineux, et de plus les organes de reproduction n'avaient pas encore atteint leur complet développement. Restait la taille, si supérieure à celle des têtards connus. Mais il existait une salamandre, le *Menopoma alleghanensis*, qui était aussi d'une taille considérable, et l'axolotl ne serait-il pas la larve du Ménopoma, dont l'histoire n'était pas alors parfaitement éclaircie?

Mais plus tard on trouva le têtard du Ménopoma; force fut alors à Cuvier de rapporter l'axolotl à quelque salamandre encore inconnue.

Un fait vint cependant bientôt ébranler l'hypothèse du grand naturaliste : des témoins l'assuraient que l'axolotl ne perdait jamais ses branchies. Aussi en 1825, dans son

Règne animal, Cuvier rangea l'axolotl au nombre des pérennibranches, avec quelque indécision toutefois et uniquement sur la foi de témoignages qu'il avait peine à récuser.

Pendant un demi-siècle, ce fut un conflit d'opinions sur la position à assigner à l'axolotl. D'après Rusconi, Mayer, Latreille, Gray, c'était un têtard. Au contraire, Barton, Tschudi, Hogg, Calori, Everard Home le tenaient pour un pérennibranche adulte. Gravenhorst n'osait se prononcer.

Baird, qui s'était d'abord rallié à la première opinion, se rétracta dès qu'il eut vu le travail où Everard Home montrait dans l'axolotl des organes génitaux parfaitement constitués. Si l'axolotl était capable de se reproduire, ce n'était plus un têtard mais un adulte, et dès lors un pérennibranche. Müller, lui aussi, croyait que l'aptitude à la génération tranchait la question : un animal apte à se reproduire est adulte, un animal adulte ne change plus de forme. L'axolotl possédait une respiration branchiale lorsqu'il se reproduisait, il la conserverait donc toute sa vie et mourrait pérennibranche.

Les Mexicains, pendant ce temps, se contentaient de savourer les axolotls qui arrivent par milliers au marché de Mexico. La chair de ces animaux est très estimée ; on la donne surtout aux enfants malades, et elle est même censée posséder des propriétés médicinales. Quant à une transformation possible de l'axolotl, les habitants de la ville de Mexico n'y avaient jamais pensé, et probablement un bien petit nombre d'entre eux avaient entendu parler des disputes qui avaient surgi en Europe sur la nature de leur mets national.

Peut-être fut-ce en réciprocité des bons offices de Napoléon III envers le pays des Aztèques, et en reconnaissance du sang versé par les soldats français, que le Mexique se résolut à partager les richesses de sa faune avec la

France. Toujours est-il qu'à la fin de 1863, le Ministre des affaires étrangères reçut des axolotls, et n'ayant dans son hôtel aucun musée destiné à remiser ce genre de cadeaux, il les transmit au Jardin zoologique d'acclimatation du bois de Boulogne. Le directeur du jardin, M. Rufz de Lavison, n'oublia pas le Muséum et eut la gracieuseté d'envoyer, en janvier 1864, six spécimens de ces intéressants amphibiens à la Ménagerie des reptiles qui était sous la direction de Duméril. Ce fut sans mauvaise intention, je suppose, que le partage entre les deux sexes se trouva très inégal : les animaux transmis à Duméril comptaient cinq mâles et une femelle. On n'aurait guère pu diminuer davantage la part faite au sexe éminemment reproducteur.

Heureusement les gens consultés autrefois par Cuvier étaient bien informés. Malgré leur apparence larvaire, les axolotls sont parfaitement aptes à se reproduire. Vers la fin de décembre 1864 et surtout au commencement de janvier 1865, la femelle montra par les proportions qu'elle prit que les ovules approchaient de leur maturité. Les mâles, d'un autre côté, abandonnaient dans l'eau des grumeaux, et ces grumeaux examinés au microscope présentaient de nombreux spermatozoïdes en forme de filaments et portant sur une grande partie de leur longueur une crête membraneuse fort ondulée. Les spermatozoïdes étaient pleins de vitalité ; en oscillation continuelle, ils se portaient de côté et d'autre, grâce surtout aux inflexions diverses que prenait la crête membraneuse.

Enfin, le 19 janvier, une première ponte eut lieu, suivie d'une seconde au mois de mars.

Duméril ne parle pas de ses impressions pendant ces premiers temps. Mais, à l'étonnement qu'il éprouva ensuite, il ne serait pas téméraire de préjuger ce qu'il aurait répondu à un visiteur qui l'aurait interrogé sur la question soulevée par son prédécesseur au Muséum. Les doutes de Cuvier lui auraient paru résolus ; il se serait

prononcé en faveur de la pérennibranchité des axolotls et il ne les aurait plus rangés au nombre des reptiles douteux.

Aussi ne donna-t-il à la nouvelle progéniture que le degré d'attention accordé par tout directeur d'une ménagerie aux êtres exotiques qu'il conserve dans ses aquariums.

Les œufs passèrent donc par les premières étapes de l'évolution. Les petits se dégagèrent de leur enveloppe glaireuse, se mirent à frétiller, gagnèrent peu à peu leurs deux paires de membres, et au mois de septembre, les quarante-cinq survivants ressemblaient, à une petite différence de taille près, à leurs parents : trois paires de grandes branchies de chaque côté, une longue nageoire dorsale, une nageoire caudale bien prononcée.

Quelque distraite que soit l'attention, il est cependant des phénomènes étranges qui ne peuvent manquer de la fixer. Ce fut le cas pour Duméril. Au mois de septembre, il remarqua qu'un des axolotls présentait une apparence singulière. Il ne restait plus que des traces de branchies ; la crête dorsale et la nageoire caudale avaient disparu. Une véritable salamandre terrestre avait succédé à un têtard aquatique.

On remarqua bientôt qu'un second animal avait passé par le même changement de conditions. L'attention ainsi éveillée, Duméril vit, le 10 octobre, qu'un troisième axolotl semblait entrer dans la phase critique. Il l'isole, le surveille et peut juger maintenant du temps exigé pour une transformation si radicale : seize jours suffisent.

Si le fait, au lieu de se passer dans un aquarium de Paris, avait eu lieu aux époques géologiques, il serait curieux de savoir combien de siècles les paléontologistes défenseurs de l'évolution par degrés insensibles auraient exigé pour faire disparaître des branchies et des nageoires si proéminentes.

Neuf axolotls se transformèrent : six de la première

ponte, trois de la seconde. Les autres conservèrent le type de leurs parents ; mais leur caractère larvaire maintenant manifeste ne les empêcha pas de se reproduire et de montrer une fécondité remarquable : deux ans après, Duméril accusait plus de 800 naissances d'axolotls dans ses aquariums. Quant aux parents, le 10 juillet 1867, date de l'article écrit par Duméril dans *les Annales des sciences naturelles*, ils n'avaient subi, quoique âgés déjà de plus de trois ans, d'autre modification qu'un accroissement de taille.

La mortalité avait été grande au début. Le tout n'est pas d'avoir des animaux intéressants, il faut savoir les nourrir, et les Mexicains ne pouvaient guère fournir de renseignements sur ce point. Ils se contentaient de pêcher les axolotls et laissaient à la nature toujours bienfaisante le soin de pourvoir à l'alimentation de leur amphibien préféré.

Enfin Duméril trouva une nourriture appropriée au goût des hôtes de son aquarium. Des daphnies, petits crustacés gros comme une tête d'épingle, excitèrent leur avidité, et par bonheur le directeur de la ménagerie des reptiles trouva moyen de compenser par le nombre l'exiguïté de la proie qu'il leur fournissait.

Le hasard avait favorisé le savant ; car on peut bien appeler hasard la chance de trouver, sur quarante-cinq individus, neuf propres à la transformation, quand les trente-six autres ne font que continuer l'histoire de leurs parents. Cette proportion de neuf sur quarante-cinq était même plus favorable encore qu'elle ne le paraissait. Duméril partagea plus tard une partie de son trésor avec des savants d'autres pays ; parmi ceux qui se mirent à cultiver les axolotls, la plupart ne purent jamais se vanter d'en avoir vu un seul se transformer. Von Kölliker de Wurzbourg, après des essais multipliés sur des centaines de jeunes, put se consoler en assistant une fois à la transformation. En 1870, Duméril donnait la somme totale

des cas heureux qui s'étaient produits au Muséum : elle montait à 29, et cependant, en 1867, plus de 800 axolotls avaient déjà vu le jour dans ses aquariums.

Le savant français rapporta la forme adulte nouvelle au genre *Amblystome* dont nous avons déjà parlé. Il se fonda surtout, dans sa détermination, sur la disposition des dents vomériennes. Les batraciens n'ont pas seulement des dents sur les mâchoires, comme l'homme ; ils en ont aussi d'implantées sur deux os du palais, les vomers. Dans l'axolotl transformé, les dents vomériennes, au lieu de former deux rangées disposées en V comme c'est le cas habituel, sont placées à peu près sur une seule rangée transversale. Or cette disposition ne se retrouve que chez les amblystomes.

Quelle était la cause de la transformation des axolotls en amblystomes ? Pouvait-on provoquer artificiellement la métamorphose ? Duméril n'aurait pas été un savant s'il n'avait pas cherché à résoudre cette question. Il tenta une expérience radicale. Peut-être les axolotls avaient-ils besoin de respirer hors de l'eau pour passer à l'état d'amblystomes ; et un signe de cette tendance à vivre en dehors de l'élément aqueux ne se trouvait-il pas dans ces fréquentes ascensions qu'ils faisaient à la surface, aspirant de l'air et le rejetant sous la forme d'une petite bulle, comme le font les têtards de grenouilles ? Duméril fit donc construire au-dessus du niveau de l'eau de l'aquarium un petit réduit humide où les axolotls, s'ils en avaient quelque envie, pouvaient aborder grâce à une planche inclinée qui leur servirait de pont. Aucun des animaux ne songea à profiter de cette faveur. Peut-être n'étaient-ils pas assez ingénieux pour reconnaître le passage qu'on leur ouvrait. On en prit donc quelques-uns et on les plaça dans leur nouvelle habitation : on ne tarda pas à les en retirer, car ils allaient expier de leur vie le changement de milieu.

Duméril dit qu'il aurait pu transférer dans le milieu aérien quelques-uns des individus chez qui on surprenait

déjà des velléités de transformation. Mais il renonça à cette idée, parce que l'expérience, même dans le cas de réussite, n'aurait pas démontré que le changement de milieu provoquait la transformation ; tout au plus aurait-on pu conclure qu'il en favorisait l'entier développement, lorsqu'elle avait déjà reçu un commencement d'exécution.

Un autre problème restait à résoudre. Les amblystomes issus des axolotls étaient-ils féconds ? On plaça ensemble des individus des deux sexes ; les femelles ne prirent jamais une extension de volume qui permît de conclure qu'elles étaient sur le point de pondre. On mit aussi dans le même aquarium des mâles d'amblystomes avec les femelles si fécondes des axolotls. Le résultat fut nul. On sacrifia ensuite quelques animaux transformés, dans le but d'examiner leurs organes génitaux. Les ovaires furent trouvés à un stade peu avancé. Chez les mâles, on vit des spermatozoïdes ; ils avaient même un léger mouvement d'oscillation, au rapport de M. de Quatrefages, à qui Duméril avait confié le soin de les observer, mais pas de membrane plissée comme chez les spermatozoïdes d'axolotls, ni aucun de ces mouvements de translation qui semblent dépendre de la présence de cette membrane.

Duméril fit cette communication cinq ans après la première apparition des amblystomes, et il en conclut que l'axolotl reste toujours une énigme scientifique. Véritable énigme en effet ; car ce singulier amphibien semblait avoir deux états définitifs, l'un de pérennibranche, l'autre de caducibranche ; et tandis que, chez les autres caducibranches, la disparition des branchies était le signe de l'état adulte et coïncidait avec la maturité sexuelle, ici au contraire elle paraissait entraver le développement des organes génitaux. Ou plutôt disons que la fécondité était un obstacle à la transformation, puisque jamais la forme amblystome n'apparaissait chez une femelle qui avait déjà pondu. La métamorphose était aussi le privilège du jeune âge et ne s'était pas manifestée après la première année.

Duméril n'avait pas réussi à provoquer la transformation en fournissant aux axolotls la faculté de respirer à l'air libre. Un autre moyen, très violent en apparence, se montra plus efficace.

Si on privait les axolotls de leurs branchies, il semble qu'ils seraient bien obligés de mettre davantage en œuvre leurs poumons. Mais exciser un organe aussi vasculaire qu'une branchie, n'était-ce point s'exposer à une hémorragie mortelle; et puis, comment l'animal suffirait-il aux besoins de la respiration jusqu'au moment où il se serait accoutumé à la perte d'un organe aussi essentiel? Deux phénomènes bien inattendus survinrent. Pas d'hémorragie sérieuse après l'excision, et les branchies mutilées se mirent à repousser. Coupées de nouveau, elles poussèrent derechef. Et il fallut quatre ou cinq excisions successives pour vaincre cette force de reproduction. Fait plus curieux encore : les axolotls se montraient aussi indifférents à l'ablation de leurs branchies qu'un mammifère qu'on dépouille d'une partie de ses poils. Aussi Duméril, qui s'y prenait au début avec quelque précaution, coupant alternativement à droite et à gauche, n'hésitait plus ensuite à exciser simultanément les branchies des deux côtés.

Le résultat fut que, sur six axolotls privés de leurs branchies, deux se transformèrent. Proportion beaucoup plus forte que pour les axolotls demeurés intacts, et qui semblait une indication que la transformation dépendait en une certaine mesure du besoin où se trouvait l'animal de s'accommoder aux nouvelles conditions de la fonction respiratoire.

Duméril communiquait ses dernières recherches à l'Académie le 11 avril 1870. Il mourait le 12 novembre, laissant son œuvre inachevée.

On la reprit en Allemagne. Nous avons vu le résultat peu satisfaisant obtenu par le professeur von Kölliker à Wurtzbourg : un seul individu transformé sur des

centaines d'axolotls. Von Kölliker envoya quelques spécimens à son collègue de Fribourg-en-Brisgau, A. Weismann. Soit défaut de zèle chez l'expérimentateur, soit manque de bonne volonté chez les sujets, toujours est-il que Weismann, moins heureux encore que von Kölliker, ne vit pas même un seul amblystome dans ses aquariums.

En 1874, il eut l'heureuse idée de confier ses nourrissons à des mains féminines. M^lle^ von Chauvin s'était déjà distinguée par l'habileté qu'elle avait déployée dans ses recherches sur des insectes ; ses succès n'allaient pas être moindres dans sa nouvelle entreprise.

Douze têtards lui furent confiés ; sept périrent presque immédiatement. Elle ne se découragea pas et s'attacha à bien observer les mœurs des cinq restants.

Son expérience débuta le 12 juin 1874 ; les cinq têtards avaient à peu près huit jours. C'étaient alors de petites masses grossièrement fusiformes, munies d'une queue, mais sans membres. A la fin de juin, les membres antérieurs firent leur apparition ; le 9 juillet, ce fut le tour des membres postérieurs.

A la fin de novembre, elle remarqua qu'un des axolotls restait constamment à la surface du liquide, probablement pour y respirer l'air libre. Elle crut alors que le temps était venu de tenter les expériences de transformation. Le 1^er^ décembre, elle déposa l'axolotl dans un bassin incliné ; le fond seul était rempli d'assez d'eau pour que l'animal pût s'y immerger tout entier. Une couche de sable tapissée de mousse humide couvrait la partie supérieure du bassin.

L'axolotl semblait très bien s'accommoder de ce régime ; il sortait même de temps en temps de l'eau pour vivre en plein air. On diminua par degrés la profondeur de la petite masse d'eau qui occupait la partie la plus déclive du bassin. Les branchies commencèrent à s'atrophier et, le 4 décembre, branchies, crête dorsale, nageoire caudale, tout ce qui rappelait la vie aquatique avait disparu. Il

restait une fente sur les côtés, mais cette fente disparut après huit jours.

Un autre axolotl fut un peu plus tardif, mais accomplit également sa transformation.

Un troisième et un quatrième se montrèrent moins pressés encore ; toutefois ils finirent par suivre l'exemple de leurs compagnons.

Le cinquième coûta plus de soucis. C'eût été cependant regrettable de devoir constater une exception après un succès si remarquable. M^lle^ von Chauvin, ne réussissant pas par les moyens de douceur, tenta de violenter le petit rebelle. Elle le mit de force hors de l'eau, mais le pauvre animal commença à languir, et tout annonçait une catastrophe si on voulait trop le brusquer. Elle le remit dans l'eau, et sa santé commença à se rétablir ; quand il eut regagné quelque force, l'expérimentation fut reprise. Cette fois il montra meilleure grâce et finit enfin par revêtir la forme d'amblystome.

Nous avons vu les efforts faits par Duméril pour obtenir la reproduction chez les amblystomes du Muséum. C'était à un de ses successeurs qu'était réservé le plaisir de constater la ponte des animaux métamorphosés.

Le 27 mars 1876, M. Blanchard annonçait à l'Académie des sciences que M. Vaillant, récemment chargé de la Ménagerie des reptiles, avait obtenu des œufs d'amblystomes. Les installations de la Ménagerie avaient été améliorées en 1874, et les amblystomes pouvaient plus librement suivre le genre de vie qui leur est naturel. Les œufs suivirent la même évolution que ceux des axolotls ; après dix mois, les quarante têtards ne se distinguaient guère de ceux qui provenaient d'animaux à branchies ; un seul s'était transformé en amblystome. La proportion était moindre que celle constatée par Duméril sur les têtards ordinaires.

L'avantage en faveur des têtards ordinaires se maintint

dans des expériences comparatives faites plus tard par M. Vaillant. Il plaça les têtards nés d'amblystomes, les uns dans un aquarium ordinaire, les autres dans un bassin où la hauteur du liquide ne dépassait pas trois à quatre centimètres, et qui de plus était relié par un terre-plein avec une terrasse émergeant hors de l'eau. Les têtards de cette seconde série pouvaient donc sortir du liquide quand ils le désiraient. C'était, comme on le voit, la répétition de ce qu'avait déjà tenté Duméril et de ce qui avait si bien réussi à M^lle^ von Chauvin.

Il divisa aussi un nombre à peu près égal de têtards nés d'axolotls en deux séries placées respectivement dans les mêmes conditions que les têtards d'amblystomes.

Voici les résultats obtenus :

Ponte des amblystomes.

	Amblystomes	Axolotls	Morts
1re série.	1	16	3
2e série.	2	14	4

Ponte des axolotls.

	Amblystomes	Axolotls	Morts
1re série.	2	4	10
2e série.	1		11

Dans cette expérience, les têtards nés d'amblystomes se montrent doués de plus de vitalité que les autres, mais semblent avoir moins de disposition à se transformer. Résultat tout contraire à celui qu'on aurait attendu.

Les études sur la transformation des axolotls étaient poursuivies en Europe avec grande activité. Mais on ne

pouvait observer que des animaux en captivité. On aurait désiré savoir comment ils se comportaient en liberté dans leur pays d'origine, l'Amérique du Nord.

L'amblystome était parfaitement connu dans certaines régions aux altitudes peu élevées. Déjà en 1858, Hallowell distinguait seize espèces appartenant à ce genre. Mais l'histoire de leur développement était imparfaitement étudiée, et certainement on ne soupçonnait pas que leurs têtards, quels qu'ils pussent être, fussent doués de la faculté de se reproduire. Au Mexique, au contraire, la seule forme connue des savants était l'axolotl à branchies.

La découverte de Duméril avait cependant franchi l'Atlantique. Les savants américains éprouvèrent bien, je crois, un léger sentiment de pudeur d'avoir été devancés par un savant français dans l'observation des phénomènes singuliers que présentait un animal originaire de leur propre pays. Peut-être un reste de dépit diminua-t-il leur ardeur. Peu après les premiers travaux de Duméril, ils reconnurent l'amblystome de Paris dans une espèce particulière, l'*Amblystoma mavortium*, qui a une aire assez étendue, puisqu'il habite la Californie, le Nouveau-Mexique, le Texas, le Kansas, le Nebraska et le Minnesotah. Mais ce n'est guère que dix à douze ans plus tard que les données commencent à s'éclaircir. Nous apprenons alors que les lacs des hauts plateaux des Montagnes Rocheuses dans les États de Colorado, Utah et Wyoming, à des altitudes variant entre 4000 et 8000 pieds au-dessus du niveau de la mer, sont peuplés d'axolotls à branchies. A certaines époques, nombre de ces animaux s'échappent de l'eau et se transforment. Mais des multitudes de sirédons, c'est là leur nom scientifique, restent dans les lacs sans se transformer et prolifient. La transformation ne semble donc soumise à aucune loi ; elle paraît livrée au caprice individuel et dépendre de conditions tout à fait inconnues.

Les savants du Mexique eurent encore plus de peine à s'ébranler. Et même c'est à un artiste, et non à un savant,

que nous sommes redevables de donnees précises sur es métamorphoses de notre amphibien. M. José Velasco est peintre paysagiste ; ses études l'appellent souvent à parcourir la contrée pittoresque qui entoure la ville de Mexico. Le nom de Duméril était venu à ses oreilles, et il se demanda si l'axolotl, cet aborigène du Mexique, avait réservé pour la France une page de son histoire.

Il existe, à une lieue et demie de Mexico, un petit lac, le lac de Santa Isabel, qui grossit avec les pluies, mais se dessèche tous les ans depuis le mois de février jusqu'au mois de mai. Ses eaux renferment des axolotls. Or en interrogeant les paysans, M. Velasco parvint à savoir qu'à l'époque où les eaux commencent à baisser, on trouvait cachées sous des pierres dans le voisinage du lac de grandes salamandres, appelées par les habitants *ajolotes pelones* (axolotls tondus ras), ou *mochos* (sans oreilles), ou *sin aretes* (sans pendants d'oreilles). Il ne fut pas difficile de les reconnaître pour des amblystomes.

La coïncidence entre l'apparition des amblystomes et le dessèchement du lac était déjà une preuve presque péremptoire de la transformation des axolotls qui avaient dû renoncer à leur vie aquatique. Le doute ne fut plus permis lorsque les pêcheurs rapportèrent du lac soixante-dix individus de toutes les tailles et à tous les stades, depuis de tout petits jusqu'à des adultes en voie de transformation et même complètement métamorphosés. Parmi eux se trouvaient deux femelles de la forme amblystome qui semblaient bien près de pondre.

Mais ce n'était pas de ce lac que provenaient les nombreux axolotls qui paraissaient aux étalages de Mexico. Ceux-ci étaient péchés dans le lac de Xochimilco, qui a huit mètres de profondeur, tandis que celui de Santa Isabel n'en a que deux. Aussi ne se dessèche-t-il jamais.

M. Velasco, en lisant son mémoire le 28 décembre 1878 devant la *Societad Mexicana de Historia Natural*, avouait qu'il n'avait jamais vu d'axolotls sans branchies à Mexico

et qu'il n'avait jamais entendu dire qu'on en eût vus. Un de ses collègues, M. Villada, dans le désir d'obliger le directeur du *Smithsonian Institute* de Washington, lui avait expédié cinquante axolotls, pêchés dans le lac de Xochimilco; tous avaient leurs branchies parfaitement développées. Aussi à Mexico allait-on jusqu'à révoquer en doute l'authenticité des expériences de Duméril.

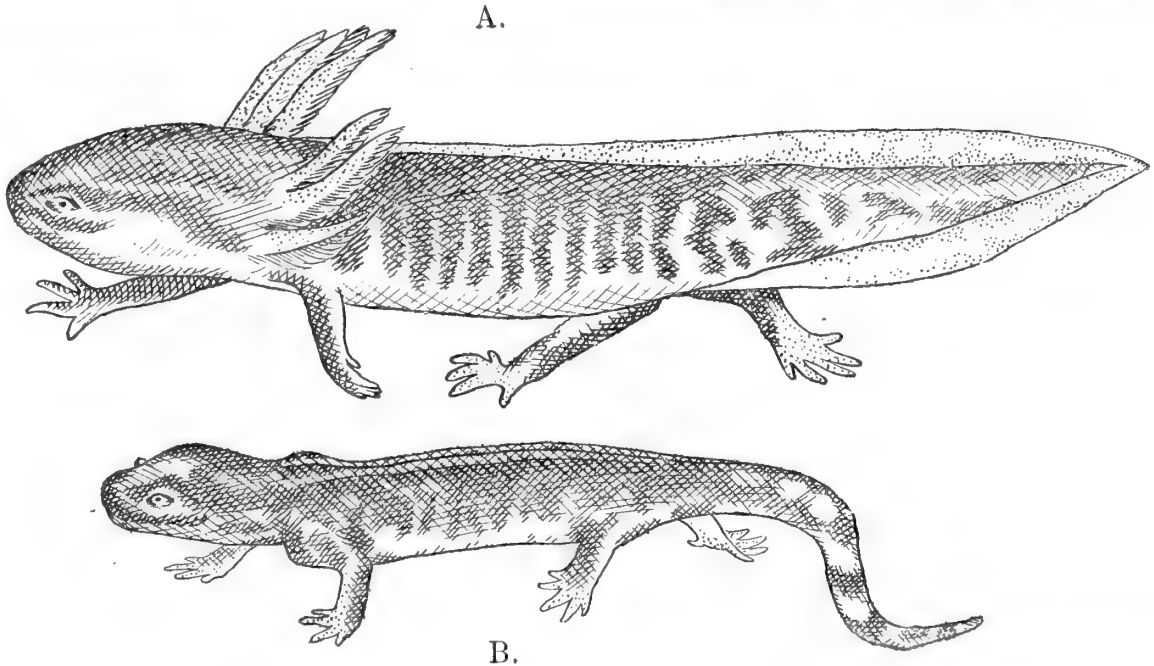
On arrivait donc à ce résultat. Un lac sujet à des dessèchements périodiques fournissait des amblystomes; au contraire, dans un lac qui ne se dessèche jamais, les axolotls conservaient leur forme aquatique.

Mais M. Velasco n'est pas fort porté vers l'évolutionnisme, et il lui répugnait d'admettre une influence si prépondérante du milieu sur les métamorphoses d'un être vivant.

En 1879, il eut la satisfaction de pouvoir présenter à ses confrères de la *Sociedad de Historia Natural* des amblystomes provenant des environs mêmes du lac de Xochimilco et d'autres lacs qui ne se trouvent pas dans les conditions spéciales du lac de Santa Isabel.

Le lac de Chalco, aussi bien que celui de Xochimilco, ne se dessèche jamais; celui de Zumpango ne perd ses eaux que dans des années tout à fait exceptionnelles. En dépit de cette circonstance, les amblystomes ne sont pas inconnus dans leur voisinage. On leur donne le nom mexicain de *tlalaxolotl* (axolotl de terre), ou bien aussi le nom espagnol de *ajolotes de cerro* (axolotls de colline), parce qu'on les rencontre dans les montagnes qui bornent la vallée de Mexico au sud et qui sont voisines des lacs de Chalco et de Xochimilco.

M. Velasco poursuivit également ses recherches sur le lac de Santa Isabel. Il organisa une pêche à la fin de février, au moment où le lac était presque à sec. Le filet ramena quarante individus tous transformés; chez quelques-uns la métamorphose avait dû débuter très tôt, car ils n'avaient que dix centimètres de longueur, la taille



A. Axolotl à branchies. — B. Axolotl transformé.

ordinaire des adultes, dans cette espèce, étant de vingt-deux à vingt-cinq centimètres. Aucun n'avait plus de vingt centimètres.

Il observa leurs mœurs et vit que, malgré l'absence de branchies, ils aimaient encore à rentrer dans l'eau et se tenaient au fond pendant un temps très considérable.

La manière dont le lac de Santa Isabel se repeuple est encore un mystère. Après le dessèchement, on n'y trouve plus d'axolotls ni vivants ni morts. D'un autre côté, M. Velasco n'a encore pu constater aucune ponte d'amblystome au Mexique. Au mois de mai 1880, aucun des 70 individus qu'il possédait depuis 1878 et qui s'étaient tous métamorphosés, ne s'était montré fécond ; M. Velasco était même obligé de recourir aux expériences de M. Vaillant pour prouver que les amblystomes n'étaient pas stériles.

Les lacs de Chalco et de Xochimilco ne présentent pas les mêmes difficultés. Après le départ des amblystomes, il y reste encore, comme dans les lacs des États-Unis, des légions d'axolotls non transformés qui fournissent abondamment à la multiplication de l'espèce.

En résumé, M. Velasco arrive à cette conclusion qu'au Mexique il existe incontestablement des axolotls transformés, mais que la transformation n'atteint pas également toutes les espèces et tous les individus. Certaines espèces se transforment plus aisément que d'autres ; les individus se métamorphosent les uns plus tôt, les autres plus tard ; d'autres enfin, au dire de l'observateur mexicain, meurent *prématurément* avant la transformation. Ce *prématurément* n'est pas sans une pointe de finesse. Si *prématurément* signifie qu'ils meurent avant de se transformer, rien de plus juste, mais c'est peut-être une tautologie. Si *prématurément* signifie qu'ils meurent avant l'âge ordinaire de la métamorphose, ce serait une affirmation bien aventureuse. Les expériences de Duméril attestent que la métamorphose, quand elle doit se produire, n'attend pas les années. M. Velasco parle lui-même, comme nous

l'avons vu, d'amblystomes ne dépassant pas dix centimètres et partant très jeunes. Il n'a jamais prétendu non plus que les axolotls que l'on vend à Mexico soient tous fraîchement éclos. En tout cas, on ne peut invoquer une mort prématurée pour les axolotls de Duméril, qui avaient fourni plusieurs générations d'amblystomes sans s'être transformés eux-mêmes après plus de trois ans.

Pour terminer l'histoire des axolotls, nous abandonnons le Mexique et nous revenons en Europe afin de signaler une expérience assez instructive de M^lle^ von Chauvin. Au lieu de forcer les amphibiens à respirer à l'air libre en diminuant la profondeur du liquide dans les bassins, elle utilise la propriété de l'eau bouillie de ne plus contenir d'oxigène en dissolution. On sait qu'un poisson plongé dans l'eau bouillie n'est pas dans de meilleures conditions pour la respiration que quand il est complètement à sec ; il meurt également asphyxié.

Un axolotl qui avait déjà commencé sa transformation en amblystome fut placé dans de l'eau ordinaire ; ses branchies commencèrent à reparaître, mais quand on le transféra dans l'eau bouillie, l'inverse eut lieu, les branchies s'atrophièrent et la conversion de l'axolotl en amblystome fut plus parfaite qu'auparavant.

La microscopie biologique a fait d'immenses progrès dans ce siècle ; elle nous a révélé la structure de la cellule et nous a donné ainsi la clef de plusieurs problèmes importants laissés sans solution par les générations qui nous ont précédés ; elle a même affirmé sa puissance sur le terrain thérapeutique en nous faisant connaître la cause et le mécanisme de certaines maladies contagieuses et en nous apprenant à les conjurer. Je ne me permettrai pas de comparer à ces grandes découvertes les recherches inaugurées par Duméril et continuées avec plus ou moins de bonheur par ceux que sa bonne fortune avait encoura-

gés à suivre ses traces. Mais je doute que, dans les investigations macroscopiques sur la faune actuelle, il se soit rencontré dans ce siècle un phénomène plus important pour ses conséquences que celui de la transformation des axolotls.

La conclusion spontanée, obvie, dirais-je, si le mot était consacré par le dictionnaire, des faits que nous avons retracés, c'est que l'histoire d'une espèce n'est pas une constante répétition d'elle-même. Les individus issus des mêmes parents ne sont pas astreints à évoluer de la même manière : les uns peuvent rester à un état considéré comme larvaire et se perpétuer ensuite sous cette forme; les autres peuvent passer à un stade plus élevé. L'incertitude qui les atteint frappe aussi leurs descendants, et le savant qui voit un jeune têtard d'axolotl ou d'amblystome prendre ses ébats dans son aquarium peut se poser une question devenue célèbre : Ce têtard, que croyez-vous qu'il devienne un jour ?

Que les générations successives puissent ne pas se ressembler, on le savait par les générations alternantes ; mais même dans les générations alternantes, la série se répète, et après cinq, six, sept générations, on recommence fatalement le même cycle. On sait ce qu'on doit attendre, on peut prévoir l'avenir. Les individus d'une même génération, s'ils offrent des divergences avec leurs parents et leurs descendants, se ressemblent au moins entre eux. Ici, l'inconstance se manifeste dans les membres d'une même génération, sans que rien dans leur organisation détermine fatalement leur sort futur.

Ces expériences ont aussi jeté un nouveau jour sur ce qu'il faut entendre par l'état adulte. Quand un être vivant subissait des métamorphoses, on s'était habitué à considérer son dernier état, appelé état parfait, comme coïncidant toujours avec l'état adulte, c'est-à-dire celui où l'être est apte à procréer. Ce sont les papillons et non les chenilles qui engendrent ; ce sont les grenouilles et non les têtards qui pondent des œufs.

Pour certains insectes, la coïncidence semblait tellement complète, que l'individu ne paraissait atteindre son état parfait que pour fournir aux besoins de la reproduction. L'insecte parfait était même dépourvu d'une ouverture buccale, et dès qu'il avait pondu, il finissait son existence éphémère.

Baird, nous l'avons vu, cessa de considérer l'axolotl comme un têtard dès qu'il sut par les expériences d'Everard Home que cet amphibien était capable de se reproduire. Müller se prononçait énergiquement dans le même sens, et Cuvier, à l'époque où il admettait encore l'état larvaire de l'axolotl, était heureux de s'appuyer sur l'imperfection des organes génitaux.

Wagner, professeur à Casan, avait, il est vrai, observé avant Duméril un phénomène remarquable chez un insecte de la famille des Cécidomyens. Ceux-ci sont des diptères voisins des cousins. Il avait trouvé des larves pleines d'autres larves de second ordre et pouvant ainsi se propager sans passer par l'état parfait.

S'il y a quelque ressemblance entre les deux genres d'observations, il y a aussi une différence tranchée. Cette larve est dévorée par ses rejetons, et jamais ni elle ni celles qui sont nées avec elle ne passent à l'état parfait. C'est un simple cas de générations alternantes, remarquable seulement par le fait que la génération intermédiaire ressemble plutôt à une larve qu'à un insecte parfait; tandis que, chez les pucerons, les formes intermédiaires ressemblent à des formes parfaites. Mais cette génération intermédiaire a son sort parfaitement fixé, et l'on est à même de prédire à l'avance la succession des phénomènes, parce qu'ils se représentent toujours dans le même ordre.

De Filippi se rapprocha bien plus près du cas de Duméril dans le travail qu'il publia en 1861. Sur cinquante tritons qu'il rencontra dans un marais voisin du lac Majeur, deux seulement étaient des tritons parfaits adaptés à la vie aérienne; les autres, restés à l'état de larves, étaient

munis de branchies, mais ressemblaient aux adultes ordinaires par leur taille et le développement de leurs organes génitaux. Malheureusement on ne parle ni de ponte ni d'œufs qui se soient développés en nouvelles larves.

Cette observation reçut un complément, mais postérieurement aux premiers travaux de Duméril. En avril 1869, M. Jullien eut l'occasion de trouver six tritons d'une autre espèce, le *Lissotriton punctatus*, munis également de branchies comme les têtards, mais avec les organes génitaux parfaitement développés. Des quatre femelles qui se trouvaient dans le nombre, deux étaient si avancées qu'elles pondirent réellement des œufs. Mais ces œufs n'auraient pu être fécondés par les deux mâles, car les testicules ne contenaient pas des spermatozoïdes, mais seulement ces éléments précurseurs des véritables éléments mâles qu'on appelle cellules-mères des spermatozoïdes.

Toutefois ces observations restent encore bien loin de celles faites sur l'axolotl. Si l'on considère la perfection et le bonheur avec lesquels la reproduction de l'axolotl a été conduite, on peut dire qu'elle reste encore dans la science à l'état de cas isolé.

D'où dépend l'instabilité qui se remarque dans la métamorphose des axolotls ? Est-ce de la constitution intrinsèque des individus, est-ce des conditions du milieu ?

A notre gré, l'une et l'autre y concourent. Certains individus sont plus aptes à se métamorphoser que les autres ; car comment expliquer autrement que dans un même bassin les uns se transforment, les autres pas ?

Mais, d'un autre côté, l'influence des conditions extrinsèques est indéniable. L'expérience de M^lle^ von Chauvin me semble décisive sous ce rapport. Car si la manière dont elle a conduit l'expérience n'a eu aucune part dans la métamorphose, si les cinq individus se seraient transformés quand même, il faut avouer que la chance lui a été

singulièrement favorable. Von Kölliker reçoit un certain nombre de spécimens de Duméril ; ces individus sont féconds, se multiplient par centaines ; une seule métamorphose se produit. Weismann hérite à son tour de von Kölliker, mais a moins de succès encore. Il livre les larves qui lui restent, après une mortalité effrayante, à M^lle^ von Chauvin, et voilà que les cinq survivants se transforment tous lorsqu'ils changent de main. Comparons ce résultat, non point à celui obtenu soit par Weismann soit par von Kölliker, quoique ce soient les termes de comparaison les plus naturels ; remontons au cas beaucoup plus favorable de Duméril lui-même. Sur quarante-cinq individus, neuf se sont transformés au Muséum de Paris. Supposons qu'avant la métamorphose, Duméril eût fait don de cinq individus à M^lle^ von Chauvin ; quelle chance y avait-il qu'il lui eût envoyé cinq des neuf qui devaient passer plus tard à l'état d'amblystomes? Le calcul des probabilités nous apprend que cette chance est représentée par la fraction $\frac{9.\ 8.\ 7.\ 6.\ 5}{45.\ 44.\ 43.\ 42.\ 41}$; en d'autres termes, on aurait pu parier plus de 9500 contre un que la métamorphose n'aurait pas été universelle.

M. Weismann a cependant été malheureux dans l'application qu'il a voulu faire des résultats obtenus par M^lle^ von Chauvin. L'influence du milieu s'étant montrée si manifeste à Fribourg, il tenta d'expliquer par les conditions topographiques et climatériques du Mexique pourquoi il n'y existait pas d'amblystomes. La non-existence des amblystomes au Mexique était alors l'opinion accréditée non seulement parmi les savants européens, mais même parmi ceux des États-Unis ; elle était reçue par des hommes tels que M. Cope, qui affirmait que l'empire des amblystomes ne descendait pas au-dessous du tropique du Cancer.

Vinrent les observations de M. Velasco, qui mit en évidence la transformation des axolotls dans son pays natal. La théorie de M. Weismann tombait complètement à faux ;

non seulement il y avait des amblystomes au Mexique, mais M. Velasco prouvait en outre que le climat et la topographie des hauts plateaux mexicains étaient loin d'être tels que le professeur de Fribourg se les représentait d'après des données incomplètes.

Mais si le savant allemand pèche par défaut, le compte rendu des expériences de M. Velasco fait par la *Revue scientifique* pourrait bien pécher par excès. Le *reviewer*, qui n'est autre que M. Raphaël Blanchard, si nous en croyons M. Sauvage, a trop pris à tâche de mettre le savant allemand dans son tort. Celui-ci a placé trop peu d'amblystomes au Mexique, celui-là pourrait bien en placer trop.

Voici en effet comment M. Blanchard, si toutefois il est l'auteur du compte rendu, résume les observations du peintre mexicain : « Le lac de Santa Isabel se dessèche tous les ans ; que le dessèchement se fasse naturellement ou qu'on l'active artificiellement, tous les axolotls que renferme ce lac se transforment dès que le niveau des eaux vient à baisser..... Le lac de Zumpango se dessèche quelquefois quand les pluies sont peu abondantes : les lacs de Xochimilco et de Chalco ne se dessèchent jamais. Dans ces derniers, les axolotls se transforment aussi bien que dans le lac de Santa Isabel... L'axolotl se transforme au Mexique tout aussi bien qu'en Europe, que les conditions dans lesquelles il se trouve soient d'ailleurs favorables ou non à la conservation de son état larvaire. »

Pour qui n'a pas lu le mémoire original de M. Velasco, il semblerait, d'après ce compte rendu, qu'il n'y a aucune différence à mettre entre le lac de Santa Isabel et les autres, entre ce qui se passe dans des conditions favorables à la conservation de l'état larvaire et celles qui ne le sont pas. M. Blanchard a soin de relever le fait que tous les axolotls du lac de Santa Isabel se transforment. A moins d'être en défiance de l'auteur et de peser tous les termes qu'il emploie, on sera bien tenté de croire que le même

phénomène se passe dans les autres lacs et que tous les axolotls s'y transforment également. Rien dans le texte ne nous avertit d'une distinction à faire sous ce rapport entre les différents lacs; bien au contraire, on nous dit explicitement que les conditions favorables ou non à l'existence larvaire n'influent pas sur la présence des amblystomes.

Les expressions du compte rendu sont extraites, je le veux bien, du mémoire de M. Velasco ; mais si celui-ci insiste sur les ressemblances, il n'omet pas cependant de signaler les différences. Au lac de Santa Isabel, les pêcheurs retirent dans leur filet quarante axolotls et tous sont transformés. Au lac de Xochimilco, au contraire, M. Villada, sur cinquante individus, n'en trouve pas un seul métamorphosé. Quelle que soit la saison de l'année, on apporte à Mexico du lac de Xochimilco des axolotls en grand nombre; jamais de mémoire d'homme il ne s'y est mêlé un seul amblystome, et ce n'est pas sans peine que M. Velasco a fini par en trouver près des lacs qui ne se dessèchent pas.

Aussi il dit explicitement que la transformation dépend de l'espèce, des individus, des conditions du milieu. Il ne rejette pas absolument la théorie de M. Weismann ; seulement il ne veut pas que les conditions du milieu soient les seuls facteurs du problème. Il faut une prédisposition chez les individus; étant donnée cette prédisposition, les conditions du milieu peuvent accélérer, retarder, empêcher même la transformation.

Nous nous rallions volontiers à cette opinion, en y ajoutant toutefois cette remarque, qu'après les expériences de M^lle^ von Chauvin, il nous semble difficile d'admettre chez aucun individu une impuissance radicale à subir la métamorphose, quoique tous puissent ne pas avoir au même degré une tendance à se transformer.

Pourquoi, à la différence des autres lacs, celui de Santa Isabel voit-il tous ses axolotls se transformer ? La réponse

serait peut-être facile s'il s'agissait des individus qui restent dans le lac jusqu'à son complet dessèchement. Ce serait la répétition en grand de l'expérience de Fribourg. Mais M. Velasco nous dit que tous les individus qu'il a placés chez lui dans un aquarium ordinaire se sont transformés également. Il faut donc recourir à une disposition plus accentuée des individus pour la métamorphose. Est-elle le fait de l'hérédité? Ce serait possible; car vu les conditions spéciales du lac, tous les individus qui s'y trouvent paraissent devoir descendre d'individus transformés, ceux qui ne se transforment point devant périr avant d'avoir l'âge de la reproduction. On aurait donc affaire à un cas de sélection naturelle. Malheureusement, M. Velasco nous assure qu'après deux ans d'observation, ses amblystomes étaient encore stériles. Il est vrai que les amblystomes du Muséum de Paris se sont montrés longtemps réfractaires aussi et semblent être arrivés beaucoup moins vite à l'état adulte que les simples axolotls.

Qui sait si les axolotls de Santa Isabel n'appartiennent pas à une espèce privilégiée? M. Velasco, en tous cas, lui a donné le nom de *Siredon tigrina*, et la considère comme distincte du *Siredon Humboldtii* qui habite le lac de Xochimilco, et du *Siredon lichenoides* qui a servi aux expériences du Muséum. Celle-ci ayant été la mieux étudiée, c'est à elle surtout que s'appliquent les réflexions qui vont terminer cet article.

Si l'on nous demande donc s'il y a quelque impossibilité que pendant un long espace de temps on ait simplement des générations d'axolotls ordinaires, et que la transformation ne se produise qu'au moment où les conditions extérieures viendraient à changer, nous répondrons que nous n'en voyons pas, et nous ne serions pas surpris que les amblystomes du Muséum de Paris fussent descendus d'une lignée d'axolotls pur sang sans aucun mélange d'am-

blystomes pendant de longs siècles. Peut-il exister certaines conditions du milieu où tous les axolotls se transformeraient? Nous répondrons également oui, en nous appuyant sur les expériences de Fribourg. Peut-il exister des conditions de milieu où aucun ne se transformerait? Nous répondrons oui encore, témoin les insuccès qui ont accompagné la culture de ces amphibiens dans presque tous les laboratoires de l'Europe. Enfin les faits qui se sont passés au Muséum de Paris nous apprennent qu'il peut aussi se faire un partage entre les individus, les uns se transformant, les autres pas. La marche de l'espèce peut être même rétrograde et non progressive, puisque les amblystomes peuvent donner naissance à des têtards qui ne se métamorphosent pas.

Qui peut nous répondre que nous ne verrons pas un jour les têtards de nos grenouilles jouir de la faculté de reproduction sans atteindre l'état parfait? Pauvres physiologistes! plus de grenouilles dans leurs laboratoires!

Nous avons exposé les faits; quelles que soient les conclusions qu'en tirera le lecteur, nous croyons qu'ils ne peuvent manquer de donner une idée plus juste et plus large de la variabilité de l'espèce. La variabilité n'est pas restreinte à des caractères accessoires; elle peut affecter les organes réputés les plus importants et modifier complètement l'évolution de l'individu.

G. Hahn, S. J.

BIBLIOGRAPHIE

I

Annales de la Société scientifique de Bruxelles. Tomes XIII et XIV. — Paris, Gauthier-Villars et fils; Bruxelles, Société belge de librairie (rue Treurenberg, 16). — Deux volumes in-8° de 416 et de 475 pages.

Sommaire du tome XIII (1889). — Première partie (100 pp.). *Documents et Comptes rendus.* Statuts, règlement des concours, liste des membres. Rapports du président et du trésorier. *Communications diverses.* Sur l'extension du théorème de Rolle aux racines imaginaires des équations algébriques; par M. *P. Mansion.* — Sur une erreur assez répandue au sujet de la démonstration de la série de Fourier; par M. *Ph. Gilbert.* — Sur les fonctions elliptiques; par M. *P. Mansion.* — Sur les avantages que peut fournir l'introduction, dans la théorie de la courbure des surfaces, des cosinus directeurs de la normale; par M. *Ph. Gilbert.* — Sur l'existence d'une lacune dans l'enseignement des sciences mathématiques; par M. *Éd. Goedseels.* — Sur l'emploi du signe E dans la théorie des fonctions; par M. *P. Mansion.* — Sur la Géométrie non euclidienne; par M. *P. Mansion.* — Sur un nouvel aréomètre-balance de Joly; par M. *Alb. Van Biervliet.* — Sur la self-induction des courants; par M. *A. Witz.* — Sur les systèmes astatiques d'aiguilles aimantées; par M. *Alb. Van*

Biervliet. — Sur la volatilité dans les composés carbonés; par M. *L. Henry.* — Sur quelques Mosasauriens nouveaux; par M. *L. Dollo.* — Sur certaines mesures craniométriques; par M. le Dr *Cuylits.* — Sur la saignée; par M. le professeur *Verriest.* — Sur deux malades atteints de paralysie agitante; par M. le Dr *Glorieux.* — Sur une particularité anatomique présentée par le crâne de certains aliénés; par M. le Dr *Cuylits.* — *Conférences.* Les stations zoologiques au bord de la mer; par M. *A. Buisseret.* — Le Congo et l'œuvre antiesclavagiste de Belgique; par M. le lieutenant général *Jacmart.* — Le vol chez les Vertébrés; par M. *L. Dollo.* — Sur le sens des mouvements de l'écorce terrestre; par M. *A. de Lapparent.* — Les victimes de l'électricité; par M. *A. Witz.*

Seconde partie (316 pages). — *Mémoires.* Les classifications des Chéloniens; par M. l'abbé *Gérard Smets.* — Sur une formule de Darboux; par M. *P. Mansion.* — Mémoire sur la recherche la plus générale d'un système orthogonal triplement isotherme; par M. le Vte *de Salvert.* Appendice. Note I, sur la solution la plus générale du problème de l'isothermie pour les surfaces du second ordre. — Recherches sur les accélérations en général; par M. *Ph. Gilbert.*

Sommaire du tome XIV (1890). — Première partie (107 pages). *Documents et Comptes rendus.* Statuts, règlement des concours, liste des membres. Rapports du président et du trésorier. *Communications diverses.* Sur les travaux géométriques du P. Saccheri, et l'histoire de la Géométrie non euclidienne; par M. *P. Mansion.* — Sur diverses généralisations de la formule approximative d'Ozanam ou de W. Snell; par M. *P. Mansion.* — Sur le mouvement d'un point qui decrit une conique par l'action d'une force dirigee vers un centre fixe, en raison inverse du carré de la distance; par M. *Ph. Gilbert.* — Sur la démonstration due à M. Rouché de la formule de Stirling; par M. *P. Mansion.* — Sur la corrélation des systèmes de coordonnées parallèles de plan et de point respectivement avec les systèmes cartésien et pluckérien; par M. *M. d'Ocagne.* — Rapport sur un mémoire de M. de Salvert; par *P. Mansion.* — Sur la détermination du point de fusion des substances organiques; par le R. P. *De Greeff.* — Sur la détermination des variations de température d'un noyau de fer doux dans l'aimantation; par M. *A. Van Biervliet.* — Sur un aéromètre à poids et à volume variables; par M. *Alb. Van Biervliet.* — Sur l'origine asiatique des

Nègres; par le R. P. *Van den Gheyn.* — Sur la différence entre le centre et le corps d'une vertèbre ; par M. *L. Dollo.* — Sur un Sirénien miocène de Boom; par M. *L. Dollo.* — Sur l'ostéologie du genre *Plioplatecarpus;* par M. *L. Dollo.* — Sur la fixation de l'azote par les plantes; par M. *A. Proost.* — Sur les Rhynchocéphaliens vivants et fossiles; par M. *L. Dollo.* — Sur les visiteurs d'un saule marceau; par M. *A. Proost.* — Sur l'heure universelle; par Fr. *Alexis M.-G.* — Sur le noyau dans la cellule de levure; par M. *W. Meessen.* — Sur le sens musculaire, spécialement au point de vue de la parole; par M. le Dr *Verriest.* — Sur une visite à l'hôpital de la Charité; par M. le Dr *Cuylits.* — Sur les symptômes de la période occulte de la tuberculose; par M. le Dr *Huyberechts.* — Sur l'influence qu'exerce le régime lacté sur l'élimination de l'acide urique ; par M. le Dr *Lahousse.* — *Conférences.* Le magnétisme animal, son histoire, son influence, ses applications utiles, ses dangers; par M. le Dr *E. Masoin.* — Les problèmes économiques contemporains aux États-Unis ; par M. *Claudio Jannet.* — Les explorations dans les régions intérieures de l'Afrique ; par Fr. *Alexis M.-G.* — La synthèse des minéraux et des roches; par M. l'abbé *Renard.* — Folie et criminalité; par M. le Dr *Francotte.*

Seconde partie (368 pages). — *Mémoires.* Sur quelques formules générales dans la Physique mathématique; par M. *Ph. Gilbert.* — Les dernières recherches bryozoologiques du Dr Ed. Pergens ; par le R. P. *G. Schmitz.* — Sur l'herpolhodie de Poinsot et sur un appareil de MM. Darboux et Kœnigs; par M. *Ph. Gilbert.* — Sur les postulats et les axiomes d'Euclide; par M. *P. Mansion.* — Analyses des recherches du R. P. Saccheri, sur le postulatum d'Euclide ; par M. *P. Mansion.* — Influence du régime lacté sur l'élimination de l'acide urique ; par M. le Dr *E. Lahousse.* — Période germinative de la tuberculose pulmonaire; par M. le Dr *Huyberechts.* — Mémoire sur la recherche la plus générale d'un système orthogonal triplement isotherme; par M. le Vte *de Salvert.* — Sur le pendule de Foucault; par M. le Cte *de Sparre.*

II

ANNUAIRE DE L'OBSERVATOIRE MUNICIPAL DE MONTSOURIS POUR 1891. *Météorologie, chimie, micrographie, applications à l'hygiène.* — Un vol. in-18 de 558 pages. — Paris, Gauthier-Villars.

On aurait pu croire que la publication périodique connue sous le nom d'*Annuaire de l'Observatoire de Montsouris* était morte. Il n'en était rien. Elle vient de montrer qu'elle vit toujours en donnant, en octobre dernier, l'*Annuaire* de .... 1891. Assurément " mieux vaut tard que jamais „ comme dit le proverbe. Toutefois on ne peut méconnaître que publier l'annuaire d'une année dans les derniers mois de ladite année, au moment même où les publications de périodicité pareille font paraître leur volume de l'année suivante, c'est retarder quelque peu. Nos lecteurs ne s'étonneront donc pas si nous leur rendons compte, *en 1892*, d'un annuaire pour 1891, dont les premières pages sont consciencieusement occupées par le calendrier de 1891, portant les phases de la lune pour chacun des mois de 1891, les heures du lever et du coucher du soleil et de la lune pour chacun des jours de 1891, l'âge de la lune à chacun des jours du mois, en 1891.

Si cela manque d'intérêt *actuel*, cela conserve du moins son intérêt rétrospectif. Ce n'est là, au surplus, que la partie très accessoire de l'*Annuaire*, déjà donnée d'ailleurs par un autre annuaire, celui du Bureau des Longitudes qui, lui du moins, paraît assez régulièrement au commencement de l'année qu'il indique. Mentionnons rapidement ce qui fait le véritable intérêt de la publication de l'Observatoire de Montsouris.

I. Aux renseignements et tables qu'il contient chaque année sur les diverses données relatives à la météorologie, l'*Annuaire* pour 1891 ajoute un tableau fort intéressant de la tension de la vapeur d'eau à toutes les températures, indiquée de degré en degré, à partir de — 30° jusqu'à + 59° inclusivement. Le volume se poursuit ensuite par un important article de M. Léon Descroix sur la *Climatologie parisienne* depuis 1869 jusques et y compris 1890: le résumé des observations concernant cette dernière année est particulièrement remarquable, par le rapport qu'il établit entre les variations de l'atmosphère en température, en humidité, en électricité, en agitation, en éclairement par le soleil d'une part, et d'autre part les variations correspondantes de la santé publique. Ainsi, par exemple, la crise de la maladie

appelée *influenza* qui a sévi en décembre 1889 et janvier 1890 (et qui sévit encore en ce moment) aurait provenu alors de la diminution du nombre et de l'intensité des bourrasques et des tempêtes sur l'océan Atlantique durant l'automne précédent.

II. M. Albert-Lévy continue ses travaux d'*Analyse chimique de l'air et des eaux,* commencés en 1875 ou 1876, et continués sans interruption jusqu'à l'année 1890 incluse. Après avoir, dans un premier chapitre, exposé ses méthodes et décrit les appareils employés pour l'analyse des eaux, il expose, dans le chapitre suivant, les résultats qu'il a obtenus : 1° avec les eaux météoriques, 2° avec les eaux de sources et de rivières, 3° avec les eaux d'égout et de drainage. Son dernier chapitre concerne l'analyse de l'air.

Les eaux météoriques comprennent celles qui proviennent de la pluie, du brouillard, de la rosée, de la gelée blanche, du grésil, de la grêle et de la neige. Leur analyse consiste à doser l'azote ammoniacal et l'azote des nitrites et des nitrates qu'elles tiennent en dissolution. En ce qui concerne notamment les eaux de pluie recueillies chaque année sur différents points de Paris, les analyses ont conduit le savant observateur à cette curieuse conclusion que, nonobstant des différences parfois très sensibles entre les résultats quotidiens des diverses stations, les moyennes mensuelles sont très voisines, et les moyennes annuelles identiques.

L'analyse des eaux de sources (Vanne et Dhuis) et de rivières amène à constater, par de légères différences dans la composition des premières au réservoir d'arrivée et aux robinets de distribution, une certaine amélioration après leur passage dans les conduits, et, quant aux secondes, que leur composition ne change pas sensiblement d'une année à l'autre. Celles-ci contiennent, en plus grande proportion que les premières, la chaux et la matière organique, et leur coefficient d'altérabilité est plus élevé.

Les eaux d'égout, après le drainage, ont perdu presque en entier la matière organique qu'elles contenaient tant en suspension qu'à l'état de dissolution. Ce résultat, constaté durant les années précédentes, est amplement confirmé par les observations de 1890.

De même l'analyse chimique de l'air atmosphérique, répétée chaque année depuis 1877, a donné lieu à des tableaux statistiques très exacts et très complets permettant de se borner à l'étude des éléments variables de l'air : l'ozone, l'azote ammo-

niacal et l'acide carbonique. Pour le premier, les moyennes annuelles de sa teneur vont en diminuant de 1877 à 1880; elle se relève de 1883 à 1888 pour redescendre en 1889 et 1890. L'azote ammoniacal, recherché à l'air libre et dans l'air des égouts, a fourni une teneur cinq fois plus élevée dans celui-ci que dans celui-là. Enfin est confirmée cette conclusion formulée depuis plusieurs années, à savoir que la quantité d'acide carbonique contenue dans l'air atmosphérique varie d'une manière sensible d'année en année, de mois en mois, d'un jour à l'autre, alors que cependant les moyennes mensuelles, correspondant à plusieurs années d'analyses, fournissent des résultats presque identiques. La moyenne de toutes ces analyses donne approximativement 3/10 000 en volume, ou plus exactement 292/1 000 000.

III. C'est aussi à des analyses de l'air et des eaux que se livre M. Miquel, mais à un point de vue différent. L'analyse dont il vient d'être parlé est une analyse chimique. Celles de M. le Dr Miquel, dénommées par lui *microscopiques* et *micrographiques*, pourraient être appelées, non moins exactement, bactériologiques ou microbiologiques. En fait son mémoire, — le treizième depuis 1879, — est intitulé : *Sur les poussières organisées de l'air et des eaux*. Il ne serait pas possible de résumer, même sommairement, les multiples observations contenues dans ce mémoire, dont plusieurs d'ailleurs sont trop récentes pour permettre à leur auteur d'en tirer des conclusions. Bornons-nous à signaler les résultats les plus dignes d'attention, tels, par exemple, que le fait du maximum d'abondance des microbes atmosphériques pendant les mois de juin, juillet et août, et leur minimum en décembre, tandis que, contrairement, le maximum des moisissures se constate durant le semestre d'hiver. Si l'on étudie les variations micrographiques de l'air, non plus annuelles ou mensuelles mais diurnes, on constate deux maxima et deux minima : les premiers vers 6 heures du matin et 6 heures du soir, les seconds vers 2 heures du matin et de l'après-midi. Une autre observation, aussi curieuse que, croyons-nous, inattendue, c'est que l'air des égouts est plus pur, moins chargé de bactéries, que l'air des rues de Paris; et cette heureuse pauvreté est d'autant plus grande que l'air analysé provient de plus petits égouts dont le sol et les parois sont plus humides.

Des analyses faites sur les eaux de la Vanne, il résulte que leur richesse en bactéries suit une marche inverse à celle de l'air qui en est toujours moins chargé après les pluies. Ce résultat s'explique aisément : les pluies rabattent sur le sol les

organismes tenus en suspension dans l'atmosphère, et l'eau en s'écoulant les entraîne dans les sources et les cours d'eau. La richesse de ceux-ci en bactéries et microbes a son maximum dans les 4e et 1er trimestres de l'année, c'est-à-dire dans le semestre d'hiver, et son minimum durant les 2e et 3e trimestres. Ici encore, c'est le contraire de l'air atmosphérique.

Rien d'étonnant à ce que, nonobstant la pureté relative de l'air des égouts, les eaux qu'ils charrient contiennent des bactéries en quantité considérable : leur dosage donne, en année moyenne, 13 800 000 de ces microorganismes par centimètre cube, et 16 850 000 pour la moyenne de l'année 1890. Mais ce qui ne laisse pas de surprendre au premier abord, c'est la pauvreté relative des infectes eaux de vidanges où le nombre des germes organiques n'atteint pas 70 millions, alors qu'elles sembleraient devoir en contenir bien davantage. Le fait s'explique par la quantité d'hydrogène sulfuré et de sulfhydrate d'ammoniaque qu'elles contiennent, substances très toxiques pour les bactéries. Traitées successivement par la chaleur et la distillation, ces eaux perdent la plupart de ces microorganismes, de même que celles des égouts sont rapidement purifiées par le sol sur lequel elles sont répandues.

Nous arrêterons ici ces exemples, afin de ne pas trop allonger ce compte rendu. Pour la même raison, nous nous bornerons à signaler une sorte d'appendice relatif à deux objets : le premier consiste dans la description et l'emploi de thermo-régulateurs fondés sur la dilatation des métaux solides; le second, d'une nature plutôt médicale, se rapporte au ferment soluble de l'urée.

En somme, l'*Annuaire* de l'Observatoire de Montsouris pour 1891 résume, comme ceux des années précédentes, les patients, minutieux et méritoires travaux des savants préposés à cet établissement. Les observations, les documents s'accumulent peu à peu, qui permettront un jour peut-être de formuler des lois dont la connaissance serait précieuse pour l'état sanitaire et pour l'hygiène publique.

Jean d'Estienne.

III

MANUEL PRATIQUE D'ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE DES EAUX, par le Dr MIQUEL, docteur ès sciences et en médecine, chef du service micrographique de l'Observatoire municipal de Montsouris, inspecteur des établissements classés. — Un vol. in-16 de VIII-194 pp. — 1891, Paris, Gauthier-Villars.

Il y a quinze ans et plus que M. le Dr Miquel observe et étudie, dans son laboratoire de l'Observatoire météorologique de Montsouris, les organismes microscopiques, les microphytes dont sont presque toujours peuplées, dans des proportions diverses, les eaux de toute provenance servant aux nombreux usages de la vie.

Il a réuni le résultat de ses observations et de ses recherches dans un petit traité facilement intelligible aux moins initiés, et qui peut rendre de grands services à tous ceux qui, par état, ont à se préoccuper des meilleures conditions de l'hygiène.

Ce *Manuel* se divise en cinq chapitres correspondant aux divisions naturelles d'une étude bactériologique sérieuse et complète.

La première opération consiste dans le *prélèvement* des eaux à analyser, opération beaucoup plus délicate qu'il pourrait le paraître au premier abord. On doit commencer par *stériliser* les vases destinés à contenir les échantillons prélevés; car il faut avoir la certitude absolue qu'ils ne contiendront aucun germe bactéridique au moment où sera introduite dans leur sein l'eau à analyser. Sans cela, étant donnée surtout l'extrême prolification, dans certaines conditions, de ces organismes invisibles à l'œil nu, l'on n'aurait aucune garantie de précision et d'exactitude. Il est nécessaire, pour arriver à des résultats complets, de soumettre à l'analyse les eaux dans les diverses conditions où elles existent dans la nature : eaux courantes, eaux de source, eaux de puits, eaux de pluie, neige, grêle. Les eaux courantes elles-mêmes doivent être prélevées à diverses profondeurs. Description des appareils employés pour obtenir ces divers prélèvements ou récoltes d'eaux dans les conditions voulues.

Ce n'est pas tout. Le prélèvement fait, la récolte de pluie, de neige ou de grêle effectuée, il s'agit du transport au laboratoire des divers échantillons d'eau ainsi obtenus. C'est l'objet du second chapitre; car ce transport, qu'il faut réaliser sans modification, sans changements dans l'état bactériologique des eaux

recueillies, n'est pas exempt de difficultés. Il suffit en effet d'une élévation de quelques degrés dans la température pour changer complètement la proportion des bactéries. Ainsi tel échantillon d'eau de source contenant à midi, la température étant de 16°,6, cinquante-sept de ces micro-organismes par centimètre cube, porté à la température de 20°,9, soit 4°3 de plus, en contient, trois heures après, 456, exactement 8 fois autant. Une autre expérience donnant 56 bactéries par centimètre cube à la température de 17°, l'eau analysée étant examinée de nouveau au bout de 24 heures à la température de 21°,2, accusait non plus 56 mais bien 32 140 schizomycètes. En laissant reposer le prélèvement d'eau pendant 4 jours à la température constante de 30°, la pullulation porte le nombre primitif de 56 à 1 070 000 (nous disons : un million soixante-dix mille) par centimètre cube. On voit par là combien important est le maintien, à une température non supérieure à celle d'extraction ou de récolte, des eaux dont on veut déterminer la puissance bactériologique. On y arrive au moyen de glacières artificielles au sein desquelles sont plongés les flacons pendant la durée de leur transport au laboratoire.

Arrivés là, les échantillons sont soumis à une première opération fort importante quoique non la plus délicate, celle de la détermination du nombre des bactéries contenues dans chaque échantillon, autrement dit l'analyse *quantitative* des eaux d'expérience.

Résumer ici la description des procédés, du matériel employé, des diverses méthodes usitées, des trois sortes de milieux de culture, liquides, solides et mixtes, nous entraînerait à des développements disproportionnés. Mieux vaut renvoyer le lecteur au *Manuel* lui-même.

Plus importante encore, mais autrement difficile et délicate que le dosage numérique des bactéries des eaux, est l'analyse *qualitative* de ces mêmes eaux. Connaître le nombre de bactéries contenues dans une eau en des conditions données est incontestablement chose utile ; mais savoir distiguer entre elles leurs diverses espèces, démêler celles qui sont nuisibles ou *pathogènes* d'avec celles qui sont inoffensives ou seulement fermentescibles *(zymogènes,* de ζύμη, levain) et vulgaires ou *saprogènes* (de σαπρὸς, pourri, moisi) ; arriver enfin, si possible, à une classification botanique de tous ces microphytes, — est un résultat bien plus important encore. Après avoir décrit le bacille du tétanos, la bactéridie charbonneuse, le bacille du typhus, le spirille du choléra asiatique, l'auteur passe à un *Essai de flore bactérienne.* Il fonde

sa classification des deux sections, aérobies et anaérobies, sur le degré de température auquel ces infusoires se développent, soit à 20°, soit au-dessus de 20° seulement, soit enfin au-dessus de 40°. Leurs formes, globuleuse, filamenteuse, spiraloïde, etc., la couleur qu'ils affectent, leurs modes de groupement, constituent, aux yeux du savant micrologue, des caractères de plus en plus secondaires.

Telle est, rapidement indiquée, la substance des quatre premiers chapitres. Le cinquième est consacré à l'examen des *Résultats généraux*. Celui qui s'offre d'abord au lecteur est l'indication des divers degrés de pureté de l'eau relativement à son peuplement microbien. A raison de 100 à 1000 bactéries par centimètre cube, l'eau est dite *pure ;* elle est *très pure* quand elle n'en contient que de 10 à 100, *excessivement pure* à moins de dix. A partir de 1000 et jusqu'à 10 000, elle est considérée comme médiocre, *impure* de 10 000 à 100 000, *très impure* à partir de 100 000 et au-dessus. D'après ce classement, les eaux de la Vanne seraient pures (800 bact.), celles de la Dhuis médiocres (1890 bact.), celles de la Seine à Ivry, de la Marne et de la Loire impures (32 500, 36 300 et 24 000). Ces résultats, au surplus, varient avec les jours et les mois de l'année, avec les saisons, les chutes de pluie, les temps secs. Sans entrer dans les détails du curieux phénomène de l'auto-infection des eaux, mentionnons à ce propos les méthodes de *stérilisation* de l'eau du Dr Miquel, qui arrive à les rendre " infertiles „, c'est-à-dire incapables de nourrir des bactéries, et appelons l'attention sur cette remarque considérable, qu'il ne suffit pas que de l'eau soit *quantitativement* pure pour être inoffensive. Avec 10 bacilles typhiques par décimètre cube, une eau dépourvue de toutes autres bactéries serait éminemment dangereuse, tout en étant, au point de vue de la quantité, très pure. Par contre, de l'eau de la Vanne, par exemple, abandonnée 24 heures à elle-même, pourrait contenir un million de microphytes par centimètre cube et, malgré sa grande impureté quantitative, rester parfaitement inoffensive. Ce seul fait montre toute l'importance de l'analyse *qualitative* et de la détermination des espèces.

Le savant et habile expérimentateur termine son *Manuel* par l'examen des moyens prophylactiques propres à combattre l'infection par les eaux. Ces moyens se ramènent à deux procédés: la filtration et l'ébullition. A l'égard du premier, le *Manuel* contient de précieuses indications sur les conditions de construction et d'entretien d'un filtre véritablement efficace, conditions

rarement remplies d'une manière complète dans l'usage quotidien et qui seraient pourtant d'une importance si grande pour la bonne hygiène des ménages et des familles. Signalons, pour terminer cette étude, les filtres de la Compagnie Chamberland, comme paraissant réunir au plus haut degré ces conditions nécessaires, et notamment le *Filtre de ménage* à trois bougies Chamberland, d'un transport facile et à même de fonctionner en tous lieux.

JEAN D'ESTIENNE.

IV

INSTRUCTIONS MÉTÉOROLOGIQUES, par A. ANGOT, docteur ès sciences, agrégé de l'Université, météorologiste titulaire au Bureau central météorologique. — Troisième édition, entièrement refondue. Un vol. grand in-8° de VI-124 pp. — 1891, Paris Gauthier-Villars.

Ce volume pourrait être intitulé en toute exactitude : " Manuel du jeune météorologiste „. C'est en effet un exposé très clair et assez complet de ce qu'il ne serait pas déplacé d'appeler : *météorologie élémentaire,* en comprenant cette expression en ce sens qu'on n'y a pas abordé l'actinométrie, l'atmidométrie, non plus que la recherche et la détermination de la quantité d'ozone. Les mesures qui se rapportent à ces trois branches d'étude sont, les premières, trop longues et trop délicates, les secondes, d'une observation exigeant de vastes surfaces et des appareils appropriés, les dernières enfin, trop incertaines encore et d'ailleurs du domaine de l'hygiène plutôt que de celui de la météorologie.

Pour tout le reste, nous avons là un traité théorique et pratique abordant presque tous les ordres de phénomènes relatifs à cette science. Pression atmosphérique; température; pluie, neige, grêle, grésil, etc.; nuages et nébulosité; direction et vitesse des vents; rapports des phénomènes de la vie végétale et animale avec ceux de l'atmosphère; brouillards, rosée, gelée, orages; halos et aurores boréales; tous ces sujets sont traités d'une manière claire et facilement intelligible quoique dans un langage toujours scientifique. Mérite assez rare pour qu'on le signale en passant.

Il est permis, toutefois, d'éprouver quelque surprise à voir

laisser de côté, dans le chapitre des " Phénomènes optiques de l'atmosphère „ l'arc-en-ciel, le mirage, les couronnes. Il est vrai que l'auteur nous en avertit en commençant, estimant ces phénomènes d'une importance secondaire " au point de vue de la météorologie proprement dite „.

Ce qui donne par ailleurs aux *Instructions météorologiques* une grande valeur, ce sont les descriptions minutieuses, avec figures à l'appui, des instruments variés à employer pour chaque nature d'observations, accompagnées de discussions qui permettent de faire, parmi eux et suivant les circonstances, un choix judicieux. Un chapitre spécial est consacré, vers la fin, aux instruments dits *enregistreurs*, baromètres, thermomètres, hygromètres, inscrivant automatiquement chacune des variations de pression, de température ou d'humidité qu'ils sont chargés de constater.

Les règles à observer pour un calcul suffisamment exact des chiffres résultant des observations faites et enregistrées, termine le texte proprement dit de l'ouvrage que nous analysons. Ce texte est suivi de tables très précieuses pour la *réduction* des observations barométriques, hypsométriques, hygrométriques et psychométriques, pour les tensions maxima de la vapeur d'eau de $-29°$ à $+49°$, pour la mesure de l'humidité relative, etc. On a ainsi les moyens, sous quelque température et à quelque latitude que l'on opère, de réduire l'observation barométrique à zéro et au niveau de la mer; de tenir compte également de la latitude et de l'altitude dans la mesure de la pression atmosphérique comme dans celle des hauteurs. L'emploi de ces tables est d'ailleurs expliqué comme il convient dans les chapitres y relatifs.

Ne terminons pas cette notice sans faire mention, en outre de vingt-cinq figures représentatives d'instruments ou d'abris, de cinq autres fort dignes d'attention et dont quatre sont affectées à la représentation des diverses espèces de nuages, *cirrus, cumulus, stratus, nimbus* et leurs composés, et une à la vue d'un halo très complet, comprenant grand halo, halo circonscrit, arc circumzénithal, parhélies et cercle parhélique.

Jean d'Estienne.

V

Leçons de physique générale, par MM. James Chappuis et Alphonse Berget, en trois volumes de 486, 496 et 396 pages, avec nombreuses figures dans le texte. — Gauthier-Villars et fils, Paris, 1891.

Les traités de physique peuvent être partagés en deux grandes classes. Le Cours de l'École Polytechnique de Jamin, remanié et complété par M. Bouty, le traité que M. Violle est en train de publier, le *Lehrbuch der Experimental Physik* de M. Wüllner, avec son *Compendium,* les leçons de Verdet, appartiennent à une première catégorie d'ouvrages dans lesquels l'ensemble de la science est présenté avec de nombreux détails et un grand luxe d'érudition. Ces livres, qui sont excellents, ont cependant un défaut générique, celui d'être trop volumineux : les élèves s'y perdent et ils en trouvent le prix trop élevé; une somme de 70 francs est considérable pour un étudiant, et les 3000 pages in-octavo dont ces œuvres se composent constituent une masse considérable, qui décourage les plus zélés. Ils sont donc tentés de se contenter des Traités plus élémentaires de MM. Drion et Fernet, Boutan et d'Almeida, Angot, Pellat, etc., auxquels il convient d'adjoindre celui du R. P. Van Tricht; mais ces livres ont été écrits spécialement pour l'enseignement secondaire, et leurs auteurs ont été obligés de se priver des ressources précieuses du calcul infinitésimal. Les candidats à la licence n'y trouvent donc pas la somme des connaissances nécessaires pour affronter les examens, devenus si difficiles, de la licence. Entre ces deux catégories, il y avait place pour un livre renfermant un exposé clair, court et précis de toutes les belles et hautes théories de la physique moderne, faisant une place modérée aux travaux des maîtres, tout en développant leurs conclusions : c'était un ensemble de leçons qu'il fallait, plutôt qu'un Traité complet. MM. Chappuis et Berget se sont proposé de réaliser ce *desideratum* des candidats, et nous nous empressons de déclarer qu'ils ont pleinement réussi dans leur entreprise. Leurs leçons seront bientôt entre les mains de tous nos élèves, soit qu'ils appartiennent aux Facultés, soit qu'ils suivent les cours de nos grandes Écoles, et elles seront lues avec fruit par les ingénieurs qui y trouveront l'exposé succinct des théories dont ils ne peuvent plus se passer aujourd'hui. Le talent des auteurs et

leur travail consciencieux ne contribueront pas moins au succès de cette nouvelle Physique que l'à-propos de la publication et son admirable exécution typographique, digne en tous points de la maison Gauthier-Villars et fils.

Le tome premier est consacré aux instruments de mesure, à la chaleur et à la capillarité; le second traite de l'électricité et du magnétisme; le troisième est consacré à l'optique, à l'acoustique et à l'électro-optique. Toutes les théories essentielles ont trouvé leur place dans ce cadre et elles sont présentées avec pondération, ce qui est la plus grosse difficulté de ce genre d'ouvrages. Un jeune homme qui se serait parfaitement assimilé la matière de ces leçons ne sera sans doute pas encore un physicien, mais il méritera honorablement le diplôme de licencié. Sera-t-il sûr de réussir du premier coup? Il serait audacieux de le lui promettre, car les problèmes que les Facultés ont fort heureusement introduits dans la composition écrite pourraient quelquefois surprendre à l'improviste le disciple de MM. Chappuis et Berget; mais du moins pourra-t-il se rendre le témoignage d'avoir été parfaitement préparé à l'examen.

Des livres de ce genre épuisent rapidement leur première édition, aussi pouvons-nous dès maintenant nous occuper de la seconde. Il y aura fort peu de remaniements à faire pour rendre l'ouvrage irréprochable. S'il nous était permis d'exposer un désir que nous a suggéré la lecture de l'ouvrage, nous demanderions de voir élargir un peu son cadre: ainsi, pour ne citer qu'un exemple, nous voudrions voir ajouter, en électrostatique, quelques considérations sur les diagrammes de Maxwell, sur les images électriques de sir W. Thomson et sur le travail des forces électriques dans le déplacement des conducteurs à potentiel constant. C'est dire que nous trouvons quelques lacunes à combler, dans le but de réduire au minimum pour le candidat à la licence les chances d'insuccès. Par contre, nous supprimerions les tableaux bibliographiques placés à la fin des chapitres, parce que les élèves n'en feront guère usage et que, d'autre part, ils reflètent mieux les souvenirs des auteurs que l'ensemble des travaux faits sur chaque question.

Mais nous ne nous permettons ces légères observations que pour mieux faire ressortir le mérite de MM. Chappuis et Berget et les grandes difficultés de leur entreprise; il faut avoir préparé des élèves à la licence pour savoir combien on a de peine à être complet sans encombrer leur esprit et multiplier les leçons.

Aimé Witz.

VI

Galilée et la Belgique. *Essai historique sur les vicissitudes du système de Copernic en Belgique* (XVII^e^ et XVIII^e^ siècles), par le docteur Georges Monchamp, professeur de philosophie au Séminaire de Saint-Trond. — Un vol. in-12 de 346-76 pp. — Saint-Trond, G. Moreau-Schouberechts; Bruxelles, Société belge de librairie; Paris, Victor Retaux et fils. 1892.

La meilleure recommandation de ce livre est le nom dont il est signé. Ce nom, si avantageusement connu par l'*Histoire du Cartésianisme en Belgique,* répond d'avance du mérite de l'*Essai sur les vicissitudes du système de Copernic.* On peut s'attendre à retrouver dans deux sujets si voisins les mêmes qualités d'exposition et la même solidité de science qui assurèrent une si brillante fortune au premier. Quiconque lira ce nouvel ouvrage n'aura pas à se repentir de sa confiance dans la réputation de M. l'abbé Monchamp.

Le but de l'auteur n'était d'abord que de faire connaître avec toutes les pièces justificatives un curieux procès, ou plutôt deux procès successifs, qui rappellent, par certains côtés, le fameux procès de Galilée. Le second était jusqu'ici entièrement ignoré. Mais, sous la plume d'un homme si versé dans l'histoire du mouvement intellectuel en Belgique, le sujet devait considérablement s'élargir. De longues et savantes recherches sur l'influence exercée par Galilée, en entrant dans l'ouvrage, ont encadré le récit du procès Van Velden dans un tableau extrêmement instructif de l'état des sciences aux XVII^e^ et XVIII^e^ siècles.

Peut-être pourrait-on trouver que l'érudition de l'écrivain a fait tort à l'unité de son œuvre. Peut-être le tableau est-il trop large pour le récit du procès, ou le récit du procès trop développé pour rentrer dans le cadre du tableau. Mais l'un et l'autre n'en constituent pas moins des études de très haute valeur, éminemment propres à donner une connaissance exacte du rôle de la Belgique dans l'évolution des doctrines physiques et astronomiques.

A la fin du XVI^e^ siècle, la vie intellectuelle était aussi intense dans notre petit pays, plus intense peut-être, que chez nos voisins d'Allemagne ou de France. Les relations que Galilée entretenait alors avec Ortelius, Coignet, Ernest de Bavière, l'archiduc Albert d'Autriche, Antonini, Nardi, et d'autres savants belges ou

établis en Belgique, nous montrent que ses idées étaient accueillies avec faveur par plus d'un esprit curieux de spéculations scientifiques. Son nom et ses théories commencent à se rencontrer dans les livres imprimés chez nous au commencement du XVII^e^ siècle, et les lettres qui nous sont restées des savants de cette époque saluent avec enthousiasme ses belles découvertes astronomiques, les montagnes de la Lune, les taches du Soleil, les satellites de Jupiter, les phases de Vénus, la résolution de la Voie Lactée en étoiles. Plusieurs se procurent ou se construisent des lunettes, qui leur permettent de contempler à leur tour ces merveilleux spectacles.

L'admiration ne tarde pas à entraîner chez quelques-uns l'adhésion aux conclusions que Galilée tire de ses découvertes en faveur du système de Copernic. Ces conclusions, qui renversent de fond en comble les théories de Ptolémée et d'Aristote, les seules reçues alors dans les écoles, séduisent même plus d'un représentant de la tradition péripatéticienne. Tel est Libert Froidmont.

Froidmont personnifie l'enseignement scientifique à Louvain au XVII^e^ siècle, tant par l'influence de ses nombreux ouvrages que par son incontestable supériorité d'intelligence. Cette supériorité faisait dire à Galilée, après la lecture de son *Ant-Aristarchus:* " Parmi les adversaires de Copernic, Froidmont me paraît le plus sensé et le plus capable de tous ceux que j'ai vus jusque maintenant „ (1). Or Froidmont, dans ses premiers écrits, laisse entrevoir assez clairement, sans le dire en termes exprès, qu'il n'est pas loin d'adopter sans réserve les idées nouvelles. Dans sa *Pérégrination céleste,* il se suppose emporté à travers les merveilles révélées par le télescope, en compagnie d'un génie qui se moque fort agréablement du vieux système du monde, avec ses Cieux incorruptibles et solides, sa Terre immobile au centre de l'univers, tout cela disloqué et rompu par les mouvements divers des planètes de Copernic et de Galilée.

Ce ne fut que vers la fin de 1618 qu'on apprit en Belgique la condamnation de la doctrine du mouvement de la Terre. Cette condamnation avait été portée à Rome en 1616, mais elle n'avait eu qu'une publicité fort restreinte. La nouvelle refroidit singulièrement le zèle des partisans du nouveau système.

Néanmoins les esprits sérieux ne se méprirent point sur la portée de la censure. Froidmont, qui se défend d'avoir changé

(1) Lettre du 9 avril 1632 à Diodati et à Gassendi.

d'avis à la suite de ce décret, bien que le contraire ressorte assez clairement de l'ensemble de ses ouvrages, l'apprécia parfaitement. S'il se déclara hautement contre le mouvement de la Terre, il se garda bien de traiter d'hérétique l'opinion proscrite. Galilée et Copernic continuent à être cités avec les plus grands éloges dans ceux mêmes de ses ouvrages qui sont dirigés contre leur système, tels par exemple que les *Météorologiques* et l'*Ant-Aristarchus*. Bien plus, il est si loin de regarder la sentence comme définitive, qu'il admet que les Copernicien puissent se retrancher derrière l'interprétation figurée des textes de la sainte Écriture qu'on leur oppose. Dans son *Vesta*, réponse au Copernicien protestant Van Lansberge, il écrit: " Je n'oserai pas encore accuser Copernic d'hérésie manifeste, tant que je ne verrai pas une décision plus expresse du chef de l'Église. „

C'était, du reste, le sentiment de tous les bons esprits de cette époque. Il y eut même, après cette première condamnation, et après celle de 1633, qui fut officiellement publiée, des savants fort catholiques qui ne crurent pas devoir se départir de leur adhésion au système. Au nombre de ces savants furent deux hommes dont la Belgique est fière à bon droit, le chanoine René-François Sluse, à Liége, et, avant lui et surtout, le curé Wendelin. Les ouvrages de ce dernier professent ouvertement la doctrine copernicienne. Néanmoins il ne fut jamais inquiété.

D'ailleurs Froidmont lui-même, et bien d'autres avec lui, ne rejetèrent du système que les points expressément censurés par le Saint-Office. La théorie d'Aristote avait eu trop visiblement le dessous dans ce débat pour qu'on se résignât à y revenir. Froidmont, Geulincx, Philippi, à Louvain; d'autre part, les jésuites Malapert et André Tacquet, le cistercien Caramuel, Rheita, etc. s'attachèrent à Tycho-Brahé, qui faisait tourner les planètes autour du Soleil, et celui-ci autour de la Terre. Ainsi cette dernière restait immobile, et l'obéissance aux décrets du Saint-Office était sauve en même temps que le fond du système copernicien, autant qu'il pouvait l'être.

N'était-ce pas, après tout, le parti le plus sage ? Il ne faut pas perdre de vue qu'à ce moment le mouvement de la Terre n'était établi par aucune des preuves convaincantes que nous en possédons actuellement. Il n'avait alors que la probabilité qu'il devait à la séduisante et harmonieuse simplicité de l'explication copernicienne, et il avait contre lui, sur le terrain purement scientifique, non seulement toute la formidable puissance de la tradition et des préjugés péripatéticiens, mais encore des objections fort

spécieuses appuyées sur les notions fausses qui régnaient alors en mécanique. Tel est ce fameux argument d'Aristote, si souvent reproduit à cette époque, que si la Terre tournait de l'ouest à l'est, un corps lancé en l'air devrait retomber à l'ouest bien loin de son point de départ. On n'en rencontre guère de réfutation satisfaisante avant le P. Malapert.

Plus tard, il est vrai, les découvertes astronomiques, qui se succédèrent rapidement, augmentèrent cette probabilité, en même temps qu'on arrivait à démontrer l'inanité des objections traditionnelles de l'école. Mais le décret était toujours là qui défendait l'enseignement public de la doctrine, et on s'y conforma fidèlement en Belgique pendant un demi-siècle.

Pourtant ce serait une erreur grossière de croire qu'il en soit résulté un arrêt désastreux dans la marche de la science. Après tout, la science pouvait marcher avec le système de Copernic regardé comme une simple hypothèse. Au besoin, elle le pouvait même avec celui de Tycho-Brahé. Et elle marcha. Les livres et les thèses de cette époque nous montrent que les mémorables découvertes des Galilée et des Newton, en mécanique, en physique, en astronomie, furent accueillies avec empressement et passèrent rapidement dans les idées reçues, alors même qu'elles avaient pour auteurs des partisans avoués ou secrets de Copernic.

Vint ensuite l'invasion du cartésianisme à Louvain. Les idées de Descartes avaient commencé de bonne heure à s'infiltrer dans le corps académique, mais sans guère réussir à se faire des adeptes déclarés. A partir de 1671, après la mort de Plempius, le grand défenseur du péripatétisme, elles firent de sérieux progrès, et un moment vint où les Cartésiens se trouvèrent en majorité parmi les professeurs. Descartes ramena Galilée et Copernic. Ce fut plus, sans doute, à cause de son opposition à l'aristotélisme, que pour le nouvel appui qu'il leur apportait.

Toujours est-il que le système et les méthodes de Galilée commencèrent peu à peu à gagner du terrain. En 1669, les élèves du cours supérieur de philosophie au collège du Faucon se cotisèrent pour enrichir la bibliothèque de cet établissement " d'instruments mathématiques et hydrogagiques „. En 1672 débuta dans ce même collège un professeur, Dominique Snellaerts, qui se rendit fameux, au témoignage des contemporains, par son application à " réintroduire la bonne physique, fondée sur des expériences „. Un des élèves de Snellaerts, et plus tard son collègue, Martin Van Velden, mérita le même éloge. Esprit hardi

et indépendant, trop hardi sans doute, mais incontestablement au-dessus de l'ordinaire, il se montra cartésien décidé, ardent à embrasser toutes les idées nouvelles, et attaché surtout à celles du grand Huygens. Sa hardiesse, à deux reprises différentes, mit le désarroi dans la Faculté des arts.

Au mois de janvier 1691, il avait rédigé deux thèses destinées à être défendues publiquement par ses élèves dans les exercices ordinaires des étudiants en philosophie. La première enseignait la doctrine cartésienne sur l'essence de la matière : elle passa sans réclamations. La seconde affirmait avec Copernic le double mouvement, diurne et annuel, de la Terre. Elle allait donc ouvertement contre les décrets du Saint-Office. La Faculté ordonna au professeur de la modifier ; celui-ci refusa, et malgré toutes les mesures disciplinaires prises contre lui, il s'opiniâtra à maintenir sa thèse. Il fallut l'intervention de l'Internonce de Bruxelles pour obtenir sa soumission.

Chose curieuse ! Peu s'en fallut qu'il ne triomphât sur le fond du débat. Le prélat ne s'était point opposé à ce qu'il maintînt sa thèse copernicienne, à la seule condition d'y ajouter qu'il entendait se conformer aux décisions de l'Église. Ce ne fut que sur les représentations des délégués de l'Université qu'il revint sur cette concession, et fit retirer la fameuse thèse.

La paix ne fut pas de longue durée. Six mois ne s'étaient pas écoulés que l'obstiné Van Velden s'attirait de nouveaux désagréments. Ses thèses du mois de juillet contenaient une série de propositions tirées de Descartes et de Huygens, et de plus attaquaient vivement non seulement la doctrine reçue dans toutes les écoles, mais encore les méthodes mêmes d'enseignement, de discussion et d'examen. Cette fois encore, l'origine ou l'occasion du démêlé fut la seule thèse du Système du monde.

Cette seconde affaire prit des proportions considérables. Van Velden obtint même en sa faveur une sentence du Conseil de Brabant. Mais le Recteur et la Faculté, vigoureusement appuyés par l'Internonce, parvinrent à faire casser l'arrêt par le Conseil privé. Pourtant on n'exigea point de Van Velden l'abandon des doctrines qui avaient donné lieu au différend ; et ce qui montre bien qu'en 1691 on n'attachait plus à la prohibition de 1616 et de 1633 la même importance, l'Internonce, désireux avant tout de rétablir la bonne entente, et content d'avoir fait triompher l'autorité, conseilla au Recteur de ne pas inquiéter son professeur sur ses doctrines astronomiques, pourvu qu'il consentît à les soumettre au jugement du Saint-Siège.

Aussi ne voit-on pas que l'opiniâtre Copernicien ait sacrifié ses convictions scientifiques à l'amour de la paix. Des thèses de 1695, que nous avons encore de lui, affirment aussi nettement que celles de 1691 toute la physique de Descartes et son système du monde, en évitant seulement, par prudence sans doute, de mettre explicitement la Terre au nombre des planètes. Il est fort probable, du reste, que, même en 1691, personne n'eût trouvé mauvais qu'il défendît cette opinion, s'il ne l'avait fait avec une espèce d'ostentation blessante pour ses collègues.

Quoi qu'il en soit, le système de Copernic ne fit que gagner à Louvain depuis cette époque. Le dix-huitième siècle l'y trouva sans doute solidement établi. Nous possédons des thèses de l'abbé Grosse, professeur à Louvain à partir de 1717. Il y est fait profession ouverte de cartésianisme et de "copernicanisme„, bien que le système soit encore qualifié d'hypothèse : il y est même dit : " Autour du Soleil tournent les planètes, au nombre desquelles on doit compter notre Terre. „ Nous ne voyons pas que l'abbé Grosse, aussi bien que son collègue Engelbert, dont l'enseignement était le même, ait jamais été inquiété pour cette opinion. En 1774, pour la première fois, dans les thèses du professeur Van Leempoel, nous trouvons une affirmation absolue et sans restriction : " Le système de Copernic doit absolument être embrassé. „ Il est vrai que, depuis 1758, le système de Copernic ne figurait plus au nombre des doctrines prohibées par l'Index.

Au Collège anglais des jésuites de Liége, c'est à la même époque, en 1772, que nous voyons pour la première fois un professeur, le P. Semmes, l'admettre intégralement. En 1728, le P. Kingsley ne lui marchandait pas son admiration, mais il ne lui donnait que la valeur d'une hypothèse ingénieuse.

Le Séminaire de Liége n'avait pas attendu aussi longtemps pour manifester ses préférences. L'indépendance d'idées et la hardiesse que nous avons constatées chez Sluse et Wendelin au temps même de la prohibition, semblent s'être perpétuées dans la Principauté. Des thèses de 1689 rejettent Tycho-Brahé aussi bien que Ptolémée. Celles d'Arnold Deschamps, en 1691, sans aller jusqu'à l'affirmation expresse et précise, ne sont pas moins coperniciennes que celles de Van Velden, qui, la même année, révolutionnaient l'université de Louvain. L'affirmation pure et simple se rencontre, dès 1729, dans les thèses de Guillaume Duvivier. On lit dans sa première thèse de physique : le troisième élément constitue les planètes, " parmi lesquelles est notre Terre. „

Répétons-le, en terminant ce court aperçu : nul ne regrettera les heures employées à parcourir le beau travail de M. Monchamp. Pourtant, s'il nous était permis de formuler une légère critique, nous voudrions appeler l'attention de l'auteur sur quelques négligences de style qui semblent dues à une trop grande hâte. Signalons encore deux erreurs qu'il faut sans doute rapporter à cette même cause. A la page 161, M. Monchamp, parlant de la lunette astronomique actuelle, lui donne un *oculaire* et trois *objectifs*. A la page 89, il semble attribuer à la force centrifuge la déviation vers l'est des corps en chute libre. Ces distractions, faciles à réparer dans une nouvelle édition, ne diminuent en rien le mérite éminent du livre.

V. SCHAFFERS, S. J.

VII

COURS D'ALGÈBRE ÉLÉMENTAIRE, par l'abbé F. VERHELST, docteur en philosophie, licencié en sciences physiques, professeur au Collège Saint-Jean-Berchmans à Anvers. — *Tome deuxième :* le calcul des radicaux ; les équations du second degré ; les progressions et les logarithmes ; la formule du binôme. — Bruxelles, E. Ramlot, 1891.

On retrouve, dans le tome II du *Cours d'algèbre* de M. l'abbé Verhelst, les caractères qui distinguent le tome I : même clarté de principes, même abondance de développements, même simplicité et même ampleur d'exposition, sans sacrifice aucun de la rigueur des démonstrations. Nous renvoyons le lecteur à notre compte rendu du tome I, pages 638-641 de la livraison d'octobre 1890 de la *Revue des questions scientifiques,* nous bornant ici à quelques remarques particulières.

1° Page 1. L'auteur définit la racine n^e d'un nombre a, non puissance n^e parfaite, la limite des nombres dont les n^{es} puissances ont pour limite a (1).

2° Page 37. Dans la discussion des racines de l'équation du second degré, pour le cas $a = 0$, l'auteur, après avoir fait

(1) La première note de la page 2 indique le sens exact dans lequel il faut entendre cette définition. (P. M.)

remarquer qu'on peut multiplier les deux termes de la fraction $\frac{-b+\sqrt{b^2-4ac}}{2a}$ par le facteur *non nul* $-b-\sqrt{b^2-4ac}$, supprime, quelques lignes plus loin, le facteur *nul* a dans les deux termes de la fraction obtenue. Cette inconséquence se rencontre dans beaucoup de traités d'algèbre élémentaire.

3° Page 63. L'auteur rattache à la discussion des problèmes du second degré quelques questions de maximum et de minimum, très bien choisies et en général très bien résolues.

4° Page 69. L'auteur donne une note la démonstration d'un théorème sur les inégalités. Nous aurions désiré voir consacrer un chapitre spécial à la théorie des inégalités, dont les applications sont si nombreuses en algèbre, et dont l'auteur n'a donné que quelques principes incomplets, page 31 du tome I.

5° Page 70. La démonstration *à priori* du premier point de la discussion de la fraction du second degré ne sera pas, croyons-nous, vu sa trop grande concision, saisie immédiatement par les élèves. Nous aurions préféré voir déduire, directement par le calcul, le signe positif de $b'^2-4a'c'$ de l'hypothèse faite : racines réelles et égales ou racines imaginaires.

6° Page 78. La discussion des racines de l'équation bicarrée est écourtée, malgré son importance et contrairement à l'habitude de l'auteur.

7° Page 83. L'auteur aurait pu généraliser la définition des équations réciproques, et montrer que la forme générale de l'équation réciproque du quatrième degré est $ax^4+bc^3+cx^2+bkx+ak^2=0$: sous cette forme, on voit que l'équation ne peut admettre la racine x' sans admettre aussi la racine $\frac{k}{x'}$.

8° Pages 83 et suivantes. Le chapitre de la résolution des équations binômes est largement développé. L'auteur y résout les équations de la forme $x^m \pm 1 = 0$, pour les valeurs 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 de m.

9° Pages 95 et suivantes. Le chapitre de la résolution des équations du second degré à plusieurs inconnues renferme 22 systèmes d'équations résolus et 35 proposés.

10° Pages 113 et suivantes. Dans la quatrième partie, l'auteur donne la théorie des logarithmes en les définissant par les progressions, puis par la fonction exponentielle, et montre la concordance des deux définitions.

11° Pages 174 et suivantes. Contrairement à l'usage suivi dans l'enseignement des humanités, l'auteur introduit ici deux chapitres nouveaux : l'un traite, d'une manière très succincte

d'ailleurs, des arrangements, permutations, combinaisons et probabilités; l'autre donne la formule du binôme. Vu la fécondité de cette dernière formule, c'est une heureuse innovation.

En résumé, l'*Algèbre* de M. Verhelst satisfait à toutes les exigences d'un enseignement sérieux et mérite d'être mise entre les mains des élèves. Elle remplacerait avec avantage les manuels ou trop difficiles, ou inexacts et obscurs, ou enfin incomplets, conservés dans beaucoup d'établissements. Surtout elle devrait prendre la place de ces cours dictés qui, souvent remplis de lacunes et d'incorrections, font perdre un temps précieux au maître et aux disciples.

H. GELIN.

VIII

LA FORTIFICATION DE L'AVENIR D'APRÈS DES AUTEURS ANGLAIS. — *Considérations sur les camps retranchés improvisés, les enceintes et les réduits,* par le général BRIALMONT (1).

L'analyse de cet article semble avoir sa place marquée dans la *Revue des questions scientifiques*. Il complète les deux publications du lieutenant général Brialmont dont nous avons rendu compte ici même (2). Cet ensemble de travaux, fait remarquer la Direction de la *Revue de l'armée belge,* renferme tout ce qui peut être utilement opposé aux ennemis de la fortification permanente et aux partisans de la nouvelle école dont l'éminent ingénieur et écrivain militaire belge est l'adversaire déclaré.

Les deux ouvrages dont s'occupe le général Brialmont sont un livre du major du génie Sydenham Clarke : *Fortification : its Past Achievements, Recent Development and Futur Progress,* novembre 1890, et une étude sur les camps retranchés et les forts détachés, par le capitaine du génie Jackson, parue en 1887 dans les *Professional Papers.*

Ils sont, en matière de fortification, la quintessence des idées professées par des officiers anglais qui appartiennent à la *nouvelle école,* assez bruyante, signalée déjà aux lecteurs de la *Revue* et qui veut supprimer toute distinction entre la fortification permanente et la fortification passagère.

(1) *Revue de l'armée belge,* 1890-1891, t. IV, pp. 5-50 et 1 croquis.

(2) *Revue des questions scientifiques,* juillet 1890, pp. 229-248, et avril 1891, pp. 599-608.

Les ingénieurs du passé et du présent ne trouvent pas grâce auprès du major Clarke. Il veut rompre avec eux, faire du neuf et dépenser peu.

Convaincu de l'innocuité du tir plongeant avec obus-torpilles, l'écrivain d'outre-Manche n'entend pas faire usage de coupoles; il propose un type de fort avec voûtes de $1^{m},20$ d'épaisseur seulement. Si le major Clarke s'était entouré de tous les éclaircissements voulus; s'il n'avait pas admis *ne varietur* une expérience faite en 1885-1886 au polygone de Cotroceni, près de Bucharest, où un mortier de 21 cm., malheureusement servi par des artilleurs de campagne, lança sans succès, à la distance de 2500 mètres, cent soixante-quatre obus contre deux coupoles; s'il avait porté son attention sur les résultats d'un grand nombre de tirs exécutés d'après toutes les règles voulues, dans les polygones allemands, avec des mortiers et des obusiers de 21 cm.; s'il avait analysé avec plus de soin des essais faits à Lydd en 1886, essais si incomplets et si peu décisifs qu'on n'en peut faire état, mais dont il déduit avec empressement que l'artillerie n'aura pas raison de ses forts et qu'ils opposeront à l'attaque une résistance énorme, — il se serait dit que deux projectiles peuvent creuser leur entonnoir à la même place, et aurait donné aux voûtes de ses forts, non pas $1^{m},20$ d'épaisseur, mais de $2^{m},50$ à 3 mètres, comme l'ont admis les sommités de l'art défensif moderne.

Mieux que ça. N'aurait-il pas été amené à juger plus judicieusement l'utilité des coupoles, et aurait-il pu affirmer que les expériences de Cotroceni n'avaient prouvé que la supériorité de la calotte de forme sphérique sur la calotte de forme cylindrique?

Pour tout esprit non prévenu, les tirs exécutés en 1885-1886 près de Bucharest, et ceux non moins concluants du camp de Châlons en 1887, ont fait éclater au grand jour la remarquable résistance des coupoles et la supériorité de leur tir, tant en vitesse qu'en précision, sur celui des batteries à ciel ouvert.

Le général Brialmont signale qu'on ne peut étayer son argumentation que sur des résultats de polygone. Or la supériorité des canons en coupole sur des canons à ciel ouvert sera bien plus grande dans un combat réel. Les servants, protégés par la cuirasse, pointeront avec beaucoup plus de sang-froid, tandis que ceux des bouches à feu à ciel ouvert, exposés à tous les coups, seront nerveux et tireront moins bien.

Lorsque le major Clarke propose de substituer, à l'armement d'une coupole non à éclipse, un canon sur affût hydro-pneuma-

tique permettant l'éclipse, ou un canon tirant à barbette et pouvant se déplacer rapidement, le critique répond qu'un seul obus-torpille, tombant à proximité, mettra hors de combat l'une et l'autre bouche à feu. Les canons en coupole au contraire sont à l'abri de ces projectiles et n'ont à redouter que les coups d'embrasure. Or, " ces coups sont très difficiles à obtenir contre des coupoles du type adopté par la Belgique, dont les embrasures sont complètement obturées et dont les canons ne dépassent pas le cuirassement. „

Pour le prix d'une coupole, dit l'officier anglais, on peut avoir six canons mobiles tirant à barbette, qui sont d'un effet " infiniment plus efficace „. Cette efficacité n'existe qu'au début de l'action ; une batterie de mortiers ou d'obusiers aura vite démonté ces six canons, tandis qu'elle n'aura pas réduit au silence les bouches à feu des coupoles. " C'est cette longue invulnérabilité qui doit faire préférer l'artillerie cuirassée à l'artillerie à ciel ouvert. En procurant à celle-ci l'avantage d'une grande mobilité, on pourra certes diminuer son infériorité, mais non la faire disparaître complètement. „

" La grande supériorité qu'a eue, à toutes les époques, l'attaque sur la défense, réside dans l'emploi d'une artillerie mobile contre un armement immobilisé dans les fortifications. „

L'histoire des sièges vient controuver cette observation du major Clarke. Les vraies causes de la supériorité de l'attaque ont été: " l'établissement de l'artillerie sur des remparts exposés aux feux d'enfilade et de revers, la disposition vicieuse des flancs qui, dans la plupart des cas, pouvaient être combattus de loin, et la possibilité de donner aux batteries de l'attaque une disposition enveloppante „. Tous ces avantages disparaîtront avec les grandes places à camp retranché, les coupoles et la mise à point des batteries flanquantes.

D'ailleurs l'artillerie de l'attaque ne s'est jamais montrée *mobile ;* aujourd'hui encore elle n'abandonne que partiellement une première position fixe pour occuper une deuxième et dernière position, également fixe, dont le feu décide du sort de la place ; elle a même des tendances à établir ses batteries à 2000 ou 3000 mètres de l'ouvrage attaqué, de manière à n'avoir plus à déplacer aucune bouche à feu.

Ces batteries seront alors établies en deux échelons ; le plus rapproché de la place devra être protégé contre les sorties par une parallèle.

Un avantage incontesté de l'attaque, c'est le réglage du tir.

Elle a plus de facilité pour viser l'armement de forts d'un grand relief, que n'en a la défense pour exécuter ses salves contre les batteries basses de l'assiégeant.

Mais est-ce une raison pour supprimer l'artillerie dans les forts? Ne vaut-il pas mieux au contraire la cuirasser?

Pour être fixé sur la valeur de ces deux solutions, voyons le rôle dévolu aux forts d'un camp retranché.

Le major Clarke est d'avis que ces forts ne doivent servir qu'à flanquer les batteries de circonstances établies dans leurs intervalles, ou mieux que les camps retranchés doivent être organisés comme des positions de combat et qu'ils ne doivent plus être composés d'une "ceinture de forts monumentaux et d'une enceinte *moyenageuse* „. Aussi le type de son camp retranché, sur lequel le général Brialmont donne d'amples détails, est constitué par une ceinture de redoutes pour infanterie espacées de 2500 yards, dans les intervalles desquelles sont établies des batteries à feux directs, et en deuxième ligne, des batteries à feux indirects.

Voici la boutade que le savant ingénieur belge lance à ces redoutes.

Elles ont si peu d'importance, dit-il, et leur action sur le terrain des attaques est si faible, qu'il ne sera pas nécessaire de s'en emparer. Pour les annihiler, on les bombardera avec des obus-torpilles avant et pendant que les troupes se porteront à l'attaque des intervalles. Ni les hommes ni les mitrailleuses ne pourront, sous ce feu, occuper leurs remparts découverts, sans traverses ni parados.

Remarquons que l'officier anglais veut des forts sans fossé, ou exceptionnellement, avec un fossé revêtu, sans flanquement et large de 16 pieds seulement. Telle n'est pas l'opinion des princes de la science. Le général Brialmont soutient que," de tous les obstacles à l'attaque de vive force et à l'attaque pied à pied, le plus efficace est le fossé „, et le général d'artillerie bavarois von Sauer, le partisan le plus convaincu de l'efficacité des attaques de vive force, considère " le fossé comme le plus important moyen de mettre un ouvrage à l'abri de l'assaut „.

Malgré le mépris du major Clarke, son fossé sera vite franchi au moyen de ponts volants; le général Brialmont les tient pour si dangereux qu'il évite de construire des fossés de moins de 12 mètres de largeur.

Encore un dédaigneux de la fortification permanente, le capitaine Jackson. Il reconnaît avoir suivi les indications et les conseils du major Clarke. Hostile comme lui à l'emploi des coupoles et partisan exagéré des défenses accessoires, son type de fort est identique à celui dont nous venons de nous occuper. Pour cet officier, la mousqueterie, qui a tout modifié, et les défenses accessoires, haies en fil de fer, etc., suffisent pour préserver un ouvrage de la prise de vive force.

Messieurs Clarke et Jackson trouvent leurs forts presque imprenables: ils ne les renforcent donc pas par des réduits.

Le général Brialmont patronne ce complément de défense seulement pour les forts situés sur la ceinture d'un camp retranché, en des points d'une importance si décisive qu'on doit pouvoir les disputer à l'ennemi avec la plus grande opiniâtreté et les reprendre après qu'ils sont tombés en son pouvoir.

Si le fort est construit en terrain aquatique, l'utilité du réduit est encore plus grande. Il préserve le fort " de l'attaque de vive force, qui offre de grandes chances de succès quand la gelée est si intense qu'on ne peut tenir la glace ouverte sur une largeur convenable; c'est une des raisons qui ont fait donner un réduit à dix forts de la position d'Anvers. „

D'après Vauban, Cormontaigne, Bousmard, Todleben, qui ont fait la guerre, le réduit rend possible la défense énergique et prolongée des brèches, et n'engage pas, contrairement à l'opinion du capitaine Jackson, les défenseurs à se retirer plus vite que si le réduit n'existait pas.

Qu'on ne dise pas que les réduits ne pourront pas résister aux obus des batteries de l'attaque. Les ingénieurs pourront y adapter des coupoles, comme il en existe à l'un des forts d'Anvers et à plusieurs forts de Bucharest.

Le général Brialmont, pris personnellement à partie, se borne à signaler les expressions choisies du major Clarke et à opposer l'avis de l'illustre Todleben, lorsque l'officier anglais se montre discourtois envers les ingénieurs qui attribuent aux ouvrages permanents l'importante propriété d'exiger pour leur défense moins d'hommes que les ouvrages passagers.

Le capitaine Jackson trouve inutile de mettre le noyau d'un grand pivot stratégique (il en excepte toutefois les forts et les villes très importantes) à l'abri du bombardement, parce que la ligne de défense devrait être trop étendue, les batteries de l'adversaire pouvant être établies à une distance de 14000 à 15 000 yards.

Or il est impossible de bombarder efficacement une place à 3 lieues de distance. De l'avis général des artilleurs, une ville est suffisamment protégée contre les obus incendiaires quand les forts se trouvent à 7 ou 8 kilomètres des limites de la ville.

Le général Brialmont veut-il nous permettre de remarquer que les ouvrages de la ligne avancée de la position d'Anvers sont éloignés de l'enceinte de 9 à 14 kilomètres ?

Les camps retranchés, d'après le major et le capitaine du génie anglais, ne doivent pas avoir un noyau fortifié, parce qu'il ne prolonge pas la durée de la défense.

Or Vauban, von Sauer, les commissions françaises de 1818, 1833 et 1836, les chefs actuels de l'artillerie et du génie en France, les généraux de la guerre de la sécession, proclament bien haut l'utilité des enceintes. Le major Lewis, compatriote des deux auteurs dont nous nous occupons, fait remarquer judicieusement (1) que, du moment où l'on ne soutient pas la ligne avancée par une enceinte, " il n'y a plus de différence essentielle entre un camp retranché et une position retranchée de campagne, entre la fortification et la tactique. „

Le major Clarke prétend qu'Anvers est la seule place à camp retranché, construite depuis l'invention des canons rayés, qui ait été pourvue d'une enceinte.

Sous forme de réfutation, le général Brialmont signale à son contradicteur toute une série de places fortes qui sont dans le cas de la métropole commerciale belge.

Puis il résume les arguments produits en faveur des enceintes.

A. L'enceinte donne de la sécurité aux habitants, prévient les paniques et les émotions qui peuvent dégénérer en émeutes, et double ainsi la force morale des défenseurs du camp retranché.

B. Plus les forts sont éloignés, plus il est facile à l'ennemi de pousser une pointe hardie vers l'intérieur du camp, pour incendier et détruire les approvisionnements, jeter l'effroi dans la population et provoquer une capitulation prématurée; plus il est facile aussi, après la prise de deux ou trois forts, d'occuper le centre de la position et d'attaquer les autres forts par la gorge. Une enceinte rend impossibles l'une et l'autre opération.

C. L'enceinte assure le bon fonctionnement des services généraux réunis au centre de la position et relie entre eux, par l'appui qu'elle donne à leurs réserves spéciales, les divers secteurs du camp retranché.

(1) *Permanent Fortification for English Engineers.* Chatham, 1891.

D. Lorsqu'il n'y a pas d'enceinte et que la ligne des forts est infranchissable de *vive force,* l'attaque s'empare *pied à pied* de deux ou trois forts, après quoi tout est fini, tandis que, s'il y a une enceinte, un nouveau siège est nécessaire et la durée de la défense augmente beaucoup.

Le major Clarke ne veut plus que des camps retranchés sans enceinte de sûreté, avec forts ou redoutes pour infanterie, batteries intermédiaires et tranchées-abris.

Il invoque à l'appui de son opinion les résultats obtenus dans les défenses de Sébastopol et de Kars en 1855, du camp retranché de Duppel en 1864, des places de Vicksburg, Petersburg et Atlanta dans la guerre de sécession, et du camp retranché de Plevna en 1877.

C'est avec la plus grande facilité que le général Brialmont établit l'inexactitude des conclusions tirées de ces défenses. Pour Sébastopol notamment, il a le témoignage de Todleben lui-même. Après avoir déclaré que la place n'était pas à l'abri d'un coup de main, l'illustre officier général russe dit dans sa relation officielle : " Le siège de Sébastopol vient encore vérifier une fois de plus l'opinion rationnelle, que les hommes de guerre n'avaient jamais cessé d'affirmer, à savoir qu'il est toujours nécessaire de protéger les points stratégiques importants en érigeant, en temps de paix, des *ouvrages permanents* à l'abri d'un coup de main et dotés d'une quantité suffisante de casemates pour y abriter la garnison et les approvisionnements. „

Les preuves tirées de la guerre de sécession manquent aussi de base. Les principes appliqués dans la construction des camps retranchés américains sont tout différents de ceux que préconisent les adversaires des camps retranchés permanents. Ces derniers trouvent qu'une seule ligne d'ouvrages suffit. Or Atlanta, Mobile, Richmond avaient deux et trois lignes de défense. Si Vicksburg, Petersburg, Washington étaient moins bien fortifiés, leurs retranchements, leurs redoutes et leurs fortins, tout comme ceux des autres places, étaient toujours flanqués. En outre, les ouvrages détachés des places américaines étaient tous armés de canons, comme ceux de Sébastopol, de Kars, de Duppel et de Plevna, et nullement disposés pour l'infanterie seulement, comme le voudraient quelques ingénieurs anglais, allemands et français.

Sous forme d'observation finale, le général Brialmont résume ainsi sa critique : " Des faits et des considérations que nous venons d'exposer, on peut tirer la conclusion qu'un camp

retranché composé d'une ceinture de forts permanents, sans enceinte de sûreté, opposera à l'attaque pied à pied, et surtout à l'attaque de vive force, moins de résistance qu'un camp retranché composé d'une ceinture de redoutes, de batteries et de tranchées, et d'un noyau central imprenable d'emblée. Dans les deux cas, la ceinture devra être attaquée pied à pied, mais dans le second, après la prise des redoutes, une nouvelle attaque pied à pied sera nécessaire pour prendre l'enceinte. Il en résultera un notable accroissement de la durée de la résistance.

„ La supériorité d'une ceinture de forts permanents, armés de canons cuirassés, sur une ceinture de forts permanents ou passagers organisés seulement pour une défense d'infanterie, réside dans ce fait que la seconde, s'il y a une enceinte à l'intérieur, sera plus facile à attaquer pied à pied que la première, et, s'il n'y en a pas, pourra être emportée de vive force par une attaque contre les intervalles, opération qui aurait bien peu de chances de succès contre des intervalles limités par des forts à coupoles pouvant battre les assaillants en flanc pendant l'attaque et les prendre ensuite à revers pendant qu'ils s'avanceraient vers le gros de l'armée défensive.

„ Le maximum de résistance sera donc obtenu par des camps retranchés composés d'une ligne de forts à coupoles et d'une enceinte imprenable de vive force. „

F. Van Ortroy,
lieutenant de cavalerie.

IX

Cours élémentaire de géologie stratigraphique, par Ch. Vélain, chargé de cours à la Faculté des sciences de Paris. — 4e édition, avec 435 figures dans le texte et une carte géologique. — Paris, 1892, chez Savy.

Les bons traités élémentaires se multiplient de notre temps pour la géologie comme pour les autres branches des sciences naturelles. Que nous sommes loin du temps où nous faisions nos études et où l'on ne possédait guère que le cours de Beudant, les *Principes* de Lyell, et les traités de d'Omalius et de la Bèche! Voici sous nos yeux un livre récent, déjà parvenu à la 4e édition, et aussi utile à consulter pour le professeur que pour l'élève. Dans ce cours élémentaire de 580 pages, M. Vélain expose avec

infiniment d'ordre et de méthode les grands faits acquis à la géologie, et nous ajoutons que ces faits y sont présentés dans l'esprit de la science contemporaine. Tous les manuels élémentaires, notamment ceux qui voient le jour en France, n'ont pas ce mérite. Dans celui-ci, rien de suranné. Les méthodes d'investigation qui sont exposées, les vues et les principes de coordination qui guident l'écrivain sont bien ceux que nous voyons à l'ordre du jour.

Il est aisé de voir que M. Vélain s'est inspiré souvent des écrits didactiques de M. de Lapparent, et en particulier de son *Abrégé de géologie,* chef-d'œuvre sous un petit volume, où l'auteur condense en peu de mots tant de choses et d'idées, avec une aisance parfaite et dans des phrases d'une élégance accomplie. Mais M. Vélain s'écarte du savant professeur de l'Institut catholique à propos de quelques théories et aussi, comme on le verra tout à l'heure, dans la part faite à l'histoire des formations fossilifères.

Après quelques phrases d'introduction générale, l'auteur aborde les phénomènes actuels; ceux qui dépendent des agents extérieurs d'abord, et ensuite ceux qui se rattachent à l'intérieur du globe. Nous avons remarqué les pages consacrées aux glaciers, celles plus remarquables encore concernant les phénomènes volcaniques où l'auteur possède une compétence universellement appréciée. Partant de l'accroissement de la température avec la profondeur, ainsi que des actions hydrothermales et volcaniques, M. Vélain admet une masse fluide à l'intérieur du globe dont la contraction par cause de refroidissement entraîne le resserrement tangentiel de la croûte extérieure, laquelle doit se plisser nécessairement. La partie exhaussée de ces plis de l'écorce répond aux reliefs montagneux, la partie déprimée au creux des océans. La zone où le ressaut s'accuse de la façon la plus brusque est le lieu naturel des ruptures et partant des communications de l'intérieur avec la surface : c'est donc le siège des volcans dont la distribution géographique se trouve ainsi justifiée. Ces idées ont été formulées déjà avec la plus grande netteté par M. de Lapparent; mais M. Vélain attribue plus d'importance que ce dernier à l'introduction de l'eau au foyer des volcans. Il y voit la raison du caractère explosif des laves.

Les notions générales sur la composition de l'écorce terrestre sont résumées dans la seconde partie de l'ouvrage. On y parle d'abord des dépôts sédimentaires stratifiés (composition,

fossiles, origine, âge, dérangements qui peuvent les affecter). On passe ensuite aux roches éruptives, à leur âge, à la distinction des anciennes et des récentes, et à la description lithologique de quelques types essentiels. Cette seconde partie se termine par deux petits chapitres où sont consignées des notions sur les roches métamorphiques et sur les filons.

La troisième partie est intitulée *Géologie proprement dite.* C'est la plus importante à nos yeux, non seulement parce qu'elle embrasse les trois cinquièmes du livre, mais surtout parce qu'elle nous paraît résumer d'une manière très heureuse les caractères propres, distinctifs, des grandes formations à la surface du globe. Cette troisième partie, entièrement refondue et considérablement développée, constitue le grand avantage de cette quatrième édition et en fait, à vrai dire, un livre nouveau, qui justifie parfaitement son titre de *Géologie stratigraphique.*

L'auteur, en suivant l'ordre des temps, rencontre d'abord les schistes cristallins. Il en décrit la composition et la structure, et discute en peu de pages la question toujours pendante de leur mode d'origine. Placé entre les deux écoles qui se partagent l'opinion et dont il résume les arguments, il se prononce pour la formation métamorphique de ces couches cristallines, lesquelles se seraient donc constituées à la façon des couches sédimentaires postérieures et n'auraient acquis que longtemps après leur dépôt la cristallinité qu'elles présentent. Après quoi il passe à l'histoire bien connue des étages fossilifères.

La description générale des systèmes entre lesquels est partagée l'histoire de la croûte du globe peut être présentée aujourd'hui avec plus d'ampleur et d'attrait qu'autrefois, grâce au progrès dans la connaissance des faits et aux relations qui en ressortent avec la géographie des époques anciennes. Dans son *Abrégé,* M. de Lapparent a esquissé de main de maître, mais en trop peu de pages, ce tableau des formations successives. M. Vélain y consacre trois ou quatre fois autant de pages. Il s'applique de plus près à l'examen des modifications paléontologiques propres à chaque grande période, à leurs relations avec les conditions physiques et la distribution des continents et des mers. Il y parvient en combinant les résultats les plus importants des études locales, sans entrer dans les détails de celles-ci: car l'ouvrage ne renferme que fort peu de diagrammes de coupes, choisies parmi les plus décisives, et il ne renferme pas de tableau de sections détaillées.

Je citerai comme exemple de ce précieux travail de M. Vélain, le chapitre qui traite de la formation triasique. Les caractères paléontologiques généraux du système sont marqués par le choix de quelques types de coquilles, de reptiles et de plantes, définis avec peu de mots d'explication, suffisants toutefois pour orienter des commençants. L'auteur passe ensuite en revue les trois grands *facies* du Trias : le Franconien-Vosgien, le continental Ardennais-Anglais, et le *facies* océanique ou Alpin, décomposable lui-même entre les deux provinces dites juvavique et méditerranéenne, séparées l'une de l'autre par la portion centrale des Alpes. En s'appuyant ensuite sur des documents recueillis dans tous les continents, il fait voir d'une part l'importance prépondérante de ce dernier *facies,* de l'autre les indications qu'il peut fournir sur la distribution générale des masses continentales et océaniques à cette époque reculée. Les conditions d'origine et l'importance restreinte du Trias classique de l'Allemagne centrale et des Vosges, le seul longtemps qui fût connu, se saisissent alors du premier coup d'œil. C'est en comparant les essais de coordination géologique tentés autrefois avec ceux qu'il est possible de dresser actuellement, qu'on peut mesurer les grands progrès de la géologie stratigraphique. En fait d'érudition relative aux formations sédimentaires et à leur agencement, d'Archiac n'avait probablement pas d'égal. Or il s'abuse du tout au tout sur l'importance relative des *facies* du Trias dans le chapitre relatif à cette formation et qu'il a inséré dans le dernier de ses livres : *Géologie et Paléontologie.* Par exemple, quand il écrit : " En considérant cet étrange contraste du Trias de la plus grande partie de la terre, comparé à ces espaces si bornés qu'occupe sa faune marine en Europe et quelques points de la haute Asie, ne serait-on pas tenté de se demander : Où était alors l'Océan ! „ (1)

M. Vélain a traité la plupart des autres grandes formations géologiques, comme il a fait le Trias. Il décrit clairement et avec un intérêt soutenu les variations de régime et les déplacements géographiques qui ont marqué pour l'Europe ces longues périodes nommées jurassique, crétacée, éocène. Il fait suivre toutes ces transformations dans leurs traits généraux avec la plus grande aisance. Son livre, sous ce rapport, répond dans la littérature scientifique française, bien que sous un cadre plus resserré, au deuxième et admirable volume de l'*Erdgeschichte* du regret-

(1) *Op. cit.*, p. 554.

table Neumayr. Le cours élémentaire de M. Vélain est terminé par deux ou trois pages sur l'histoire de la formation du sol de la France et sur la carte géologique de ce pays.

C. de l. V. P.

X

La Creación *según que se contiene en el primer capítulo del Génesis,* por el P. Juan Mir y Noguera, de la Compañia de Jesús. Segunda editión, corregida y aumentada. — Madrid, libreria católica de Gregorio del Amo. 1890. — Grand in-8°, XIX-941 pp.

La première édition de ce livre a paru à la fin de 1890 ; elle fut enlevée en peu de mois, et dès l'année suivante l'auteur se vit forcé d'en donner une nouvelle édition.

Nous ne croyons pas que, sur la question de la Création et des six jours de la Genèse, il existe un ouvrage plus complet que celui du P. J. Mir. Dans ces 941 pages, imprimées en caractères assez petits, l'auteur résume les opinions théologiques, philosophiques et scientifiques de plus de sept cents auteurs, anciens et modernes.

Il serait difficile d'analyser chacun des 52 chapitres où le savant écrivain rapporte et discute tour à tour les interprétations vraies, fausses ou erronées, émises jusqu'à nos jours sur les différents versets, ou plutôt sur chacun des mots qui composent le premier chapitre de la Genèse.

Contentons-nous d'indiquer le but de l'auteur et la solution qu'il adopte sur les points principaux de ce vaste et intéressant sujet.

En essayant de prouver la conformité de la Genèse et des découvertes modernes, nous ne voulons pas, dit le P. Mir, ouvrir des voies nouvelles à l'exégèse, mais notre but est de ranimer les catholiques au combat contre les ennemis de la foi. Ne laissons pas s'accréditer l'idée que la science contredit l'Écriture sainte. En France, en Belgique, en Allemagne, des théories fausses sont impunément mises en avant; en Espagne, elles sont dangereuses à cause de l'ardeur des esprits, qui s'y jettent à corps perdu. Gardons-nous surtout des théories *à priori :* une hypothèse n'a que la valeur des faits sur lesquels elle s'appuie.

A l'exemple des Pères, l'auteur ne voit dans le premier chapitre de la Genèse aucun système particulier de cosmogonie : Moïse décrit simplement les grandes lignes de l'histoire de l'apparition des êtres et de leurs progrès.

Dans l'*Introduction,* le P. Mir s'occupe d'abord de l'origine de l'univers. La création n'est pas nécessaire, mais convenable à l'essence de Dieu, si digne d'être connue et aimée. Dans la recherche de l'état primitif de l'Univers, le savant Jésuite se rallie à l'hypothèse de Laplace, qu'il expose assez longuement et qu'il compare avec les théories de Kant et de Faye. Finalement, l'apologiste insiste sur ce point que, si l'origine nébuleuse de notre système planétaire est diversement expliquée de nos jours, si le *quomodo* de la formation des planètes échappe à nos savants, tous cependant sont d'accord sur le fond. En attendant que l'accord existe un jour sur les détails, constatons que le fond de l'hypothèse préconisée, loin d'être opposé à la cosmogonie de Moïse, lui donne une éclatante confirmation.

Le P. Mir passe ensuite à l'examen des traditions anciennes sur l'origine des choses. Il croit y découvrir la preuve de l'existence d'un fond commun. L'unité de Dieu, le chaos, la fécondité des eaux, sont des vérités qui se retrouvent presque intactes partout. Au demeurant, la Genèse l'emporte en clarté, en simplicité, sur toutes les autres cosmogonies. Elle seule supporte le contrôle de la raison et de la science.

N'oublions pas d'ailleurs que l'Hexaméron n'est pas un traité scientifique. Il est destiné à l'enseignement religieux d'un peuple ignorant ; il est comme une table des matières résumant en termes populaires l'histoire des temps géologiques. La concordance entre Moïse et les géologues ne doit pas être considérée comme positive mais plutôt comme négative, en tant que le récit génésiaque ne contredit pas les décrets certains de la science. Il importe aussi de bien distinguer les vérités dogmatiques de celles qui ne le sont pas. Pour celles-ci, il y a toujours eu une grande liberté d'opinions.

Le P. Mir défend le caractère historique de l'Hexaméron contre les adeptes de certaines interprétations nouvelles, qui ne veulent y voir qu'un récit poétique ou une œuvre liturgique.

Nous n'irons pas jusqu'à dire avec le P. Mir qu'*Adam reçut la révélation de l'ordre successif de l'apparition des êtres,* tel que nous le décrit la Genèse. Bien moins encore ferons-nous remonter avec quelques auteurs à Adam lui-même la connaissance explicite de la semaine. Mais nous souscrivons pleinement

à cette remarque du P. Mir : Moïse eût pu diviser son récit en dix, vingt sections et plus, mais pour répondre aux intentions de Dieu, il choisit le nombre sept. C'est une division religieuse qu'adopte Moïse, plutôt qu'une classification scientifique et nécessaire.

Un chapitre tout entier est consacré à l'étude de la nature des six jours. Peu d'auteurs inclinent encore pour les jours de 24 heures, et, au surplus, ils ne s'entendent pas entre eux : les uns les font se suivre d'une manière ininterrompue, les autres intercalent, entre les six jours mosaïques, de longues périodes de siècles. Le P. Mir croit que l'hypothèse des *jours-époques* est destinée à survivre à toutes les autres explications données jusqu'ici, parce que seule elle peut répondre à toutes les difficultés. Là s'arrête l'*Introduction*.

Le corps de l'ouvrage est divisé comme suit: 1° l'ère *chaotique*, 2° l'ère *géogénique*, 3° l'ère *azoïque*, 4° l'ère *paléozoïque*, 5° l'ère *mésozoïque*, 6° l'ère *cénozoïque*, 7° l'ère *moderne*, enfin 8° l'ère *actuelle*. La première ère correspond à la période antérieure aux six jours de la Genèse ; les six ères qui suivent correspondent à ces six jours; enfin la huitième répond au 7e jour de Moïse, au repos divin.

L'ère chaotique *(La création et le chaos)*. — *In principio*. Entre tous les commentaires, l'auteur préfère celui du P. Petau : La première chose que Dieu fit fut de créer le ciel et la terre.

Creavit. Bien que ce mot ne signifie pas toujours rigoureusement *produire de rien*, il faut ici le prendre en ce sens que le Créateur donne l'être à la matière élémentaire ou aux premiers éléments des choses.

Coelum et terram. Ces expressions désignent l'universalité de la matière élémentaire. On pourrait voir sous le vocable *coelum* la matière *impondérable*, c'est-à-dire l'éther, et sous le mot *terram* la matière *pondérable*, ou la substance des corps simples.

Le chaos (Tohu vabohu). Il n'est pas aisé de résumer les explications données aux diverses époques de l'exégèse à ces mots de Moïse : *Terra erat inanis et vacua*. Le P. Mir y voit la matière élémentaire, diffuse par tout l'univers. Elle est soumise à l'action fécondatrice de l'Esprit-Saint, qui imprime à la matière la force, l'énergie. L'auteur étudie longuement la question de la matière et de la force; il montre l'erreur des matérialistes et des mécanistes; il fait voir l'accord des théories modernes sur l'énergie avec la théorie scolastique sur la matière et la forme.

1er jour de la Genèse. L'ère géogénique. — *Fiat lux*. — La

lumière n'est pas une création nouvelle. En hébreu, *iej or* marque la production des phénomènes lumineux plutôt que la création d'une substance quelconque. Chemin faisant, le P. Mir traite de l'origine de la force vive et du fameux principe de la conservation de l'énergie ; puis il s'occupe de la chaleur-mouvement, du feu central de la terre, des lois de l'univers, du règne minéral, etc.

2e *jour*. L'ère azoïque. — *Fiat firmamentum.* — Il s'agit ici de la séparation des eaux qui entouraient tout le globe terrestre et de la formation de l'atmosphère. Alors aussi s'élaborait, d'après le P. Mir, la première écorce terrestre, la croûte, écorce fondamentale qui n'est pas proprement volcanique ni sédimentaire, mais primordiale.

3e *jour*. L'ère paléozoïque. — *Appareat arida... Germinet terra.* — L'apparition de la terre-ferme ou la formation des premiers continents est suivie de l'apparition des plantes. Jusque-là la terre avait été le théâtre d'actions physiques, chimiques et mécaniques, mais, de l'aveu de tous les savants, aussi bien de ceux qui admettent l'éternité de la matière que de ceux qui la repoussent, il a fallu quelque chose pour déterminer la matière inerte à produire la vie.

Avant de chercher à pénétrer ce mystère, " cette énigme „, l'auteur examine la nature de la vie ; il étudie la théorie de la cellule vivante, fait voir la fausseté de l'hypothèse dite des générations spontanées, et montre que si nos expériences conduisent à la formation de certains produits organiques, jamais cependant on n'est parvenu à créer des organismes, pas même à produire du *protoplasme*. Il faut un principe supérieur pour créer la cellule, pour l'entretenir, la restaurer, la propager. Ce principe est une chose différente de la force matérielle.

4e *jour*. L'ère mésozoïque. — *Fiant luminaria.* — Il s'agit en cet endroit non de la création, mais de l'apparition des astres à travers l'atmosphère purifiée du globe terrestre. Au surplus, le P. Mir expose longuement toutes ces questions intéressantes dans l'étude du règne sidéral : les nébuleuses, les éléments de notre système planétaire, les fonctions des *deux luminaires* par rapport à la terre, l'établissement des climats, etc.

5e *jour*. L'ère cénozoïque. — *Producant aquae reptile... et volatile...* — Il ne s'agit pas ici de toutes les espèces d'animaux inférieurs, qui déjà avaient paru depuis longtemps sur la terre, mais bien des monstres marins et des grands animaux ailés dont les débris se retrouvent abondamment dans les terrains secondaires des géologues.

Quel est le caractère distinctif de l'animalité? Quelle est l'essence de la vie sensitive? C'est ce que se demande ici le savant auteur; puis il passe au problème de l'*âme des bêtes;* il traite ensuite de l'apparition des espèces : il conclut que les défenseurs du transformisme manquent de raisons sérieuses pour étayer leur système. Il s'occupe enfin de l'instinct chez les animaux.

6e *jour.* L'ère moderne. — *Producat terra... bestias terræ.* — A la sixième époque de la création, qui correspond à la période tertiaire des géologues, apparaissent partout les grands mammifères, puis, à la fin du 6e jour, l'homme prend possession de son domaine : c'est la période quaternaire. Le P. Mir s'arrête surtout à la question de l'origine de l'homme; il prend à partie les divers systèmes évolutionnistes et se rallie à l'opinion qui admet pour l'humanité un règne à part, le *règne humain.* — Quand l'homme a-t-il paru sur le globe? Est-il tertiaire? Non. — L'homme quaternaire, dont les restes se retrouvent un peu partout, remonte-t-il à ces centaines de mille ans que requièrent certains auteurs? Pas davantage. Nous manquons absolument de chronomètres sérieux pour calculer la date de l'apparition de l'homme.

Vient ensuite la question de l'unité de l'espèce humaine, étudiée d'une manière très complète, puis un chapitre spécial est consacré à l'origine de l'âme humaine, à l'étude de ses facultés, ainsi qu'à la réfutation du déterminisme et du matérialisme.

Enfin l'auteur aborde le règne des esprits : l'existence des anges nous est connue par la révélation. De tout temps aussi les bons et les mauvais esprits se sont manifestés.

Quel fut l'état du premier homme dans le paradis terrestre? Qu'est-ce que l'ordre surnaturel? L'auteur répond à ces questions avec une grande érudition théologique.

7e *jour.* L'ère actuelle. — *Quievit Deus...* — Le P. Mir traite ici de la vie de Dieu, dans un langage tout à la fois élevé et onctueux. La foi éclaire réellement l'intelligence et réchauffe le cœur. Oh! qu'ils sont à plaindre ceux qui ferment les yeux à cette lumière et croient que la raison peut à elle seule satisfaire à tous les problèmes qu'elle agite! Les erreurs des matérialistes et des positivistes montrent à quels écarts peut conduire le rationalisme. Ne nous étonnons donc pas que les maîtres de la science moderne furent non seulement des spiritualistes, mais des chrétiens (1). C'est par cette considération que se termine l'œuvre du P. Mir.

(1) Qu'on lise à cet égard le bel ouvrage d'Ernest Naville : *La Physique moderne.* — Paris, Alcan.

On le voit, cette œuvre est vraiment encyclopédique ; son auteur donne partout la preuve évidente de sa profonde science, de son admirable et vaste érudition, de son excellent jugement en tout ce qui concerne spécialement l'exégèse biblique et la patrologie.

A propos de la première édition, on avait fait observer que sous le rapport scientifique, et particulièrement en ce qui touche à la géologie, l'ouvrage du P. Mir n'était pas toujours à la hauteur des derniers progrès scientifiques. La science marche si vite aujourd'hui ! (1) Dans la seconde édition, l'auteur nous avertit que " l'accueil bienveillant dont son ouvrage a été l'objet l'obligeait, à titre de reconnaissance, à retoucher son œuvre, en la mettant au courant des derniers progrès de la science ; que les additions et les modifications se trouvent disséminées dans le corps des chapitres, et appartiennent pour la plupart à la géologie, à l'archéologie et à l'astronomie. „

Nous aurions aussi à faire quelques remarques sur le système concordiste adopté par le P. Mir. Comme lui, nous croyons que Moïse raconte l'histoire des origines du monde. Comme lui, nous sommes convaincus que le récit biblique soutient parfaitement le contrôle de la science moderne. Comme lui, nous sommes partisans du système dit des *jours-époques ;* mais dans le parallélisme que le P. Mir établit entre la Genèse, d'une part, et les données scientifiques, d'autre part, nous avons peine à le suivre partout. Nous ne croyons pas que Moïse ait voulu être aussi complet, aussi savant que l'insinue notre auteur.—Le législateur hébreu ne s'est guère arrêté, pensons-nous, à l'*ère géogénique* et à l'*ère azoïque.* Pour nous, le *fiat lux* ne désigne point le premier mouvement imprimé par Dieu à la matière, pas plus que l'œuvre du second jour ne désigne la formation première de l'écorce terrestre. Non, nous placerions tout cela entre les lignes du récit mosaïque, et nous dirions simplement avec le bon sens populaire : *la terre* dont il s'agit au second verset, c'est notre planète déjà refroidie, entourée d'eaux et recevant les premiers êtres vivants. — Mais il ne s'agit pas de discuter ici les opinions du P. Mir ; nous avons voulu les faire connaître, nous avons surtout voulu montrer l'importance de son œuvre, et la nécessité où seront désormais de la consulter tous ceux qui s'occuperont des rapports de la foi et de la science. Puissions-nous avoir réussi !

T.-J. J.-S.

(1) Voir *à* ce sujet l'article si élogieux du Dr J. Villanova y Piera dans la *Revista contemporanea* du 31 mars dernier.

XI

INTRODUCTION A L'ÉTUDE DES SYSTÈMES DE MESURE USITÉS EN PHYSIQUE, par PIONCHON, professeur à la Faculté des sciences de Bordeaux. — 1 vol. de 252 pages. — Gauthier-Villars. Paris, 1891.

C'est le premier ouvrage français qui traite avec quelque développement de la théorie des unités. Il est fait avec beaucoup de méthode et de clarté.

Divers passages suggèrent toutefois, sinon des critiques, du moins des réflexions.

Il est dit, Liv. I, ch. VII, que l'on peut ramener les expressions des rapports de toutes les grandeurs géométriques et mécaniques à des mesures de longueurs, temps et forces, et que les unités de ces trois ordres de grandeurs sont appelées fondamentales, tandis que les autres sont appelées dérivées. Au point de vue philosophique, la dénomination d'unités fondamentales appliquée aux L.T.F. ou aux L.T.M. prête à la critique; il conviendrait plutôt de les appeler unités indépendantes. Il n'y a à la rigueur qu'une unité fondamentale : c'est l'unité de longueur; la mesure du temps est l'angle de rotation diurne de la terre, et se ramène par suite à des mesures de longueurs; quant à la force ou à la masse, la loi d'attraction universelle de Newton fournit un moyen de faire dériver leurs unités des unités de longueur et de temps. Si on garde trois unités fondamentales, cela tient à deux raisons : 1° la constante de la loi de Newton étant mal déterminée, l'unité de masse serait mal définie; 2° en rattachant les unités des diverses grandeurs au plus petit nombre d'entre elles, on a l'avantage de soulager la mémoire quand on écrit des relations entre ces grandeurs; on peut même, comme on le voit au ch. VIII, simplifier ces équations. Mais il y a aussi un inconvénient pratique à cette réduction du nombre des unités fondamentales : c'est, par exemple si l'on faisait de l'unité de masse une unité dérivée des unités de longueur et de temps, de ne pouvoir changer celles-ci sans changer celle-là, ce qui peut être une complication.

La théorie de l'homogénéité en géométrie et en mécanique (Liv. I, ch. IX) appellera plus particulièrement nos observations.

Toutes les relations de la géométrie euclidienne sont indépendantes de l'unité de longueur; autrement dit, elles sont homogènes. M. Pionchon oublie de dire que ce ne serait plus vrai avec

la géométrie non euclidienne; admettre le principe d'homogénéité en géométrie revient en effet, comme l'a montré Legendre, à admettre le postulatum d'Euclide.

A propos de l'homogénéité en mécanique, nous croyons devoir entrer dans quelques explications. Comme nous l'avons dit plus haut, on peut faire dériver les unités de temps et de masse de l'unité de longueur; on ne le fait pas généralement et on garde trois unités fondamentales. Dans toutes les relations de la mécanique, il faut spécifier quelles sont ces trois unités, car les coefficients de ces relations changent quand on change la valeur des unités. Il n'y a d'exception que si la relation est homogène par rapport aux trois sortes de grandeurs fondamentales. Contrairement à ce que dit M. Pionchon, c'est là un cas qui doit être exceptionnel, et nous pensons que l'on a tort de dire *à priori* que les relations de la mécanique doivent être homogènes par rapport aux L.T.M. Que penser alors de ces procédés ingénieux, mais que nous croyons peu logiques, qui prévoient, au moyen du principe d'homogénéité, la forme des relations entre grandeurs mécaniques? Tout au plus faut-il les admettre pour retrouver une relation oubliée quand on sait que cette relation est homogène par rapport aux L.T.M., et ce n'est plus alors qu'un artifice d'écolier auquel la mémoire fait défaut (1).

Mais, comme M. Ledieu l'a fait observer, on peut entendre le principe d'homogénéité autrement, et il peut rendre des services pour la vérification des calculs. En général, il entre dans les relations entre grandeurs physiques des constantes à dimensions, c'est-à-dire des coefficients qui changent de valeurs numériques

(1) M. Ledieu (qui n'est d'ailleurs pas cité par M. Pionchon) avait approfondi cette question. Nous croyons bon de reproduire le passage d'une note qu'il a publiée dans les *C. R.*, tome 96. " Il convient de n'accepter que sous réserve l'hypothèse *à priori* de l'homogénéité de relations concrètes inconnues entre des grandeurs données, pour prévoir ces relations ou au moins leurs principaux linéaments, voire même pour déduire une formule générale d'un de ses cas particuliers étudié expérimentalement. La question ainsi posée exige en effet dans chaque problème la preuve préalable que l'on est certain de n'omettre aucune des grandeurs de diverses espèces susceptibles d'en faire partie. De plus, en sciences appliquées, il faut avoir la garantie que la relation que l'on vise se réalise expérimentalement en toute rigueur, c'est-à-dire, sans empirisme et en outre sans l'emploi implicite d'unités de valeur déterminée. „ Par exemple, on prétend déduire la formule $t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ du principe d'homogénéité; si on ne connaissait pas cette formule par un raisonnement direct, nous ne voyons pas pourquoi nous ne pourrions pas poser avec autant de droit $t = Klg$, K étant une constante à dimensions. A

quand on change les unités. M. Ledieu fait judicieusement observer qu'il faut distinguer deux sortes de relations entre les grandeurs physiques : les relations de définition des constantes physiques et les relations générales qui correspondent aux divers cas complexes des phénomènes spécifiant dans leur cas le plus simple les relations de définition et qui se déduisent de celles-ci par raisonnement. Le principe d'homogénéité s'applique aux relations générales, en tenant compte des dimensions des constantes ; mais il n'a aucun sens pour les relations de définition (1).

Le livre III est particulièrement intéressant.

L'étude de la chaleur introduit de nouvelles grandeurs dont la comparaison se ramène à des mesures de grandeurs mécaniques et de deux nouvelles grandeurs : la quantité de chaleur et la température.

Avant la découverte du principe de Mayer, on avait une unité de quantité de chaleur, la calorie. Dans les relations de l'étude de la chaleur, il fallait désigner cette unité en plus des unités de longueur, temps et masse. Aujourd'hui, on peut se dispenser de cette désignation en prenant comme unité la thermie.

Quant à la température, il faut spécifier quel est le corps qui permet de la mesurer; généralement, sa valeur t est déterminée par la formule $t = \frac{P_t - P_G}{1/100\,(P_{Aq} - P_G)}$ (2) du thermomètre à hydrogène. Ce nombre est indépendant de l'unité de pression et,

propos des constantes à dimensions, rappelons que, dans le système (C G S), la constante de Newton n'est pas une constante absolue, que ses dimensions sont $L^3\,M^{-1}\,T^{-2}$; on voit donc que celui qui chercherait *à priori* la loi d'attraction au moyen du principe d'homogénéité et sans penser à l'existence d'une constante à dimensions se mettrait dans un véritable embarras. Nous ne pouvons d'ailleurs nous empêcher de qualifier d'extravagantes les considérations que quelques auteurs ont présentées à l'occasion des dimensions de la constante de Newton : certains auteurs, en effet, n'ont pas craint d'affirmer que ce coefficient prouvait l'influence du milieu interposé entre les masses agissantes, etc., etc.

(1) Par exemple, dans la théorie de l'attraction universelle, après avoir donné des dimensions à la constante de Newton, toutes les équations de la Mécanique céleste devront être homogènes par rapport à L.T.M.

Autre exemple : dans la théorie des frottements, on déduit les cas compliqués (relations générales) des cas simples (relations de définition) qui servent à définir et à mesurer les divers coefficients y afférents. Après avoir donné des dimensions à ces coefficients, il faudra que toutes les relations générales soient homogènes par rapport à L.T.M.

(2) P_G et P_{Aq} sont les valeurs numériques de la force élastique d'une

par suite, le choix des unités L.T.M. est sans influence sur la valeur numérique de t. Mais on peut remplacer le coefficient 1/100 par n'importe quel autre coefficient k, et c'est ce qui peut faire changer la valeur de t et faire dire qu'on change l'unité de température, ce changement de coefficient fait changer les valeurs numériques des constantes physiques dépendant de la température, et il y a lieu d'attribuer à ces constantes une dimension par rapport à la température (1). Il faut donc spécifier que l'on se sert d'un thermomètre à hydrogène à volume constant et que l'on prend $k = 1/100$ dans la formule $t = \frac{P_t - P_G}{K\,(P_{Aq} - P_G)}$. On espère trouver une relation entre la température d'un corps et ses éléments mécaniques (force vive vibratoire par exemple), et alors le nombre qui exprimerait la mesure de la température du corps serait une grandeur mécanique dépendant seulement des unités mécaniques L.T.M.

A propos de l'homogénéité et de la similitude en physique, M. Pionchon fait d'importantes réserves ; il montre que les changements d'unités font, en général, varier les constantes des relations, en sorte qu'il faut entendre le principe d'homogénéité, comme nous l'avons expliqué plus haut, en donnant des dimensions aux constantes des phénomènes et en ne l'appliquant qu'aux relations générales déduites par le raisonnement des relations de définition.

Par ce que l'on est amené à considérer une nouvelle unité de température, il ne faut pas croire que le principe d'homogénéité imposera plus de conditions aux relations de la thermodynamique et permettra de deviner plus facilement la forme de ces relations; il ne faut pas oublier, en effet, qu'il y a des constantes, et que plus il y a d'unités fondamentales, plus les formules de dimensions de ces constantes deviennent compliquées.

Les chapitres II à X sont consacrés aux mesures électriques ; ils contiennent un très bon exposé de cette difficile question.

Nous avons quelques observations à présenter sur des inductions non justifiées, absentes il est vrai de l'ouvrage que nous examinons ici, mais qui se rencontrent dans les écrits d'autres auteurs. Ces erreurs viennent encore de l'application illégitime du principe d'homogénéité aux formules de définition.

masse d'hydrogène, de volume constant, à la température de la glace fondante et à la température d'ébullition de l'eau sous la pression normale; P_t désigne la force élastique de cette même masse à la température t.

(1) Le même fait se produirait avec les températures absolues telles qu'on les définit au moyen du principe de Carnot.

Prenons par exemple la formule de Coulomb en électrostatique

$$F = K\frac{QQ'}{L'}.$$

Quelques auteurs s'imaginent qu'une quantité Q d'électricité est une quantité qui doit *à priori* avoir des dimensions par rapport à L.M.T., et alors, dans la formule précédente, K aurait également des dimensions déterminées; ils disent même que les dimensions de K se rattachent à la nature du milieu électrique placé entre les deux quantités d'électricité Q et Q' et ils appuient ce dire sur la variation de K avec la nature de ce milieu. Ces assertions nous paraissent dénuées de sens; il est bien vrai que la formule de Coulomb doit être complétée en introduisant le pouvoir inducteur spécifique du diélectrique par rapport à l'air, mais il n'en reste pas moins une constante dans la formule et il est absurde de prétendre que cette constante a *à priori* des dimensions ou que c'est un coefficient numérique. Les quantités Q, Q' n'ont pas de dimensions *à priori;* c'est leur définition qui la leur donnera : ainsi, dans le système électrostatique, les dimensions de Q sont $M^{1/2}L^{3/2}T^{-1}$ et le coefficient K est pris égal à 1.

Une autre assertion bizarre consiste à dire que, dans une formule, si une constante est indépendante de la nature du milieu, cette constante est un facteur numérique indépendant du choix des unités fondamentales. On cite, par exemple, la formule de Biot et Savart en électromagnétisme, et comme on croit que la constante de cette formule est indépendante de la nature du milieu, on avance que cette constante est numérique. On oublie en cela que, dans la loi de l'attraction universelle, une constante analogue a des dimensions par rapport à L.M.T; il est vrai que certaines personnes croient voir dans ce dernier fait une preuve de l'influence du milieu, qui nous mettra sur le chemin de l'explication de l'attraction universelle au moyen d'actions au contact; mais cette preuve nous paraît bien chimérique. De même, il est tout aussi chimérique de prétendre que la connaissance des dimensions des constantes des formules de Coulomb en électrostatique et en magnétisme jetterait un nouveau jour sur la nature intime des phénomènes électriques.

Toutes ces erreurs tiennent, nous l'avons déjà dit et nous le répétons, à la mauvaise interprétation donnée au principe d'homogénéité, principe qu'il ne faut jamais appliquer aux relations de définition des constantes physiques.

En terminant, nous tenons à dire que l'ouvrage actuel de M. Pionchon nous paraît appelé à rendre de grands services aux personnes qui veulent étudier à fond les théories modernes de la physique.

L. L. Godard.

XII

Traité de géométrie, par E. Rouché, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers, examinateur de sortie à l'École Polytechnique, et Ch. de Comberousse, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers et à l'École Centrale. Conforme aux Programmes officiels, renfermant un très grand nombre d'Exercices et plusieurs Appendices consacrés à l'exposition des principales Méthodes de la Géométrie moderne. Sixième édition, revue et augmentée. Première partie : *Géométrie plane.* Deuxième partie : *Géométrie dans l'espace.* — Paris, Gauthier-Villars et fils, imprimeurs-libraires de l'École Polytechnique, du Bureau des Longitudes, Quai des Grands-Augustins, 55. 1891 (xxxv-499 pages et xix-616 pages in-8°; en tout 1169 pages.)

La première édition du livre de MM. Rouché et de Comberousse a été publiée en 1866 sous le titre : *Traité de géométrie élémentaire* (xxiii-776 pages). La sixième édition, plus étendue de moitié (elle contient 370 pages de plus), a paru vingt-cinq ans après, en 1891, sous le titre : *Traité de géométrie*, sans le mot *élémentaire* qui ne convient plus à un ouvrage où la géométrie supérieure, dans le sens de Chasles, tient une place considérable. Ce succès rapide d'un livre qui n'est destiné qu'aux professeurs et aux élèves d'élite de l'enseignement moyen ou secondaire suffit à lui seul pour en attester le mérite. Quand on en compare les éditions successives, on s'explique aisément le succès de ce Traité : les auteurs l'ont sans cesse amélioré et complété de manière à le tenir au courant des progrès de la Science et de l'Enseignement.

Nous allons faire une analyse critique de la sixième édition en signalant spécialement les additions introduites depuis la première.

Objet du Traité. MM. Rouché et de Comberousse ont caractérisé l'esprit de leur Traité de la manière suivante : " Il y a deux

manières d'écrire un livre destiné aux études : on peut se restreindre aux *Programmes officiels* et n'en pas franchir le cadre; on peut aussi, en suivant strictement ces Programmes dans ce qu'ils ont d'obligatoire, aller au delà et essayer de les compléter. Pour appliquer une science, il ne suffit pas d'en connaître quelques parties : il faut être familiarisé avec toutes ses méthodes, en saisir l'ensemble. Les magnifiques découvertes de la Géométrie moderne n'ont pas pénétré dans l'enseignement; délaissées par les Programmes, elles n'occupent pas dans la série des études mathématiques la place qui leur est due; on en parle à peine et accessoirement en Géométrie analytique, où elles semblent bien à tort une nouvelle conquête de l'admirable instrument créé par Descartes. Nous sommes loin de reprocher aux Programmes leur silence à cet égard; ils sont tellement chargés, qu'on serait mal venu à réclamer une addition. Mais ne peut-on *apprendre* un programme d'examen et essayer en même temps de *comprendre* la portée de la science que l'on étudie, en prenant une connaissance rapide, une vue générale de ses principales méthodes? „ Telle est la pensée qui a guidé MM. Rouché et de Comberousse dans la composition de leur Traité. Les parties imprimées en grand texte contiennent les *Éléments* proprement dits; les compléments, en petit texte, sont consacrés à d'utiles développements destinés aux candidats aux écoles spéciales; les appendices et les notes renferment des études approfondies sur des points spéciaux, et l'exposé des méthodes de la Géométrie moderne.

Histoire de la géométrie. La Préface renferme une histoire succincte, mais très intéressante, des principaux progrès de la géométrie depuis Thalès jusqu'à Chasles. Cette esquisse, qui tenait en huit pages en 1866, en contient plus du double aujourd'hui et sera lue avec plaisir par les maîtres et les élèves. Peut-être les auteurs ont-ils accordé trop de confiance à l'*Aperçu historique* de Chasles, qui lui-même, dans ce Mémoire célèbre, avait suivi trop servilement Montucla. L'histoire des Mathématiques a fait depuis un demi-siècle des progrès dont MM. Rouché et de Comberousse doivent tenir compte davantage dans une future édition. Ainsi, parmi les géomètres anciens, il faudrait citer Hippocrate de Chios et surtout Eudoxe; l'histoire des coniques devrait être corrigée d'après les travaux de Zeuthen. Archimède n'a pas une seule méthode de quadrature, celle d'exhaustion ou des séries; il en a une seconde, par sommation d'infiniment petits : il évite, bien entendu, ce terme dangereux.

Ce sont les Indous et non les Arabes qui ont introduit, en Trigonométrie, les sinus au lieu des cordes; la méthode cinématique pour construire les tangentes remonte jusque Archimède. Dans l'histoire de la géométrie moderne, il nous semble qu'il faudrait dire nettement que Fermat est au même titre que Descartes l'inventeur de la géométrie analytique, et que le vrai créateur de la géométrie moderne, c'est Poncelet, comme Salmon le fait remarquer dans ses *Coniques*.

Géométrie plane (1). LIVRE PREMIER. *La ligne droite.* Angles; triangles; perpendiculaires et obliques; parallèles; somme des angles d'un polygone; parallélogramme.

Dans la première édition, l'exposé de ces principes élémentaires était faite à peu près comme dans l'édition que Blanchet a donnée des éléments de Legendre. Depuis plusieurs éditions déjà, MM. Rouché et de Comberousse en sont revenus, sur un point essentiel, à la tradition d'Euclide. Ils ramènent à des propositions antérieures la démonstration de celle-ci : *La ligne droite est plus courte que toute ligne brisée ayant les mêmes extrémités.* Nous sommes persuadé qu'ils n'en resteront pas là et qu'ils seront amenés, comme le grand géomètre grec, à ne plus indiquer de constructions qui ne puissent être effectuées d'après des postulats fondamentaux ou des théorèmes antérieurs.

LIVRE II. *La circonférence de cercle.* Arcs et cordes; tangentes au cercle; cercles tangents et sécants; mesure des angles; construction des angles et des triangles; tracé des parallèles et des perpendiculaires; problèmes sur les tangentes.

La principale amélioration introduite ici est d'ordre pédagogique: la théorie générale de la mesure des grandeurs est rejetée dans la note 1, à la fin de la géométrie plane. On peut aller plus loin dans cette voie. Dans les *éléments,* on n'a pas besoin du théorème: *deux angles au centre sont entre eux comme les arcs qu'ils interceptent.* Il suffit de savoir qu'à des angles égaux correspondent des arcs égaux et réciproquement; qu'à un angle égal à la somme des deux autres correspond un arc égal à la somme des arcs correspondant à ses parties. Autrement dit, le théorème du n° 125 rend inutile celui du n° 126 et ses corollaires.

(1) Dans une introduction qui précède la géométrie plane, on trouve les premières définitions générales indispensables, espace, surface, ligne, point, droite, plan, et quelques notions de logique générale (théorème, réciproque, etc.), sans aucun appareil philosophique.

APPENDICE I. *Méthodes de résolution des problèmes* (16 pages en petit texte). Méthodes des substitutions successives : synthèse et analyse (dans le sens de Duhamel) ; méthode par intersection de lieux géométriques ; constructions auxiliaires : translation, renversement ; centre instantané de rotation.

L'étendue de cet appendice est plus que doublée depuis la première édition. Toute la partie utilisable du livre excellent, mais trop long, de Petersen : *Méthodes et théories pour la résolution des problèmes,* a passé dans ce précieux appendice. Le nombre des lieux géométriques simples qui peuvent servir dès maintenant à résoudre des problèmes est plus grand que chez Petersen.

Dans la première édition, MM. Rouché et de Comberousse parlaient ici de la *méthode de réduction à l'absurde,* qui est d'ailleurs employée souvent dans les deux premiers livres. Selon nous, il faudrait rétablir ce passage supprimé, en le rapprochant de ce qui est dit de l'analyse et de la synthèse, et faire connaître à ce propos la vraie *analyse des anciens,* qui, beaucoup plus que celle des modernes, est une méthode d'invention, et que les traités modernes ignorent complètement.

Les anciens et les modernes appellent *synthèse* la méthode où l'on passe d'une proposition A à une proposition E, par *déduction :* De A on déduit B, de B on déduit C, de C on déduit D, de D on déduit E. Les modernes, depuis Duhamel, au moins, appellent *analyse* la méthode inverse par *réduction :* On prouve que la proposition E est vraie si la proposition D est établie ; on ramène de même D à C, C à B, B à A. L'analyse, dans ce sens, est une *synthèse à rebours.*

Tout autre est l'*analyse pratiquée par les anciens.* Pour établir une proposition E dont on soupçonne la vérité, on procède uniquement par *déduction.* On la suppose vraie, et l'on en déduit légitimement une série de conséquences M, N, P, Q, R. Deux cas peuvent se présenter : ou bien R est faux ; dans ce cas, il en est de même de E ; c'est la *méthode de réduction à l'absurde.* Ou bien R est vrai ; dans ce cas, on essaye, par une *synthèse* qui suit l'analyse, de déduire E de R, soit par l'intermédiaire des propositions Q, P, N, M, soit par ces propositions et un certain nombre de propositions voisines. Cette analyse des anciens a un caractère plus expérimental que la synthèse à rebours ou analyse des modernes ; elle a plus d'élasticité, elle laisse plus de liberté à celui qui cherche la démonstration d'un théorème. La synthèse qui complète chaque analyse entendue à la manière des anciens

est évidemment indispensable, contrairement à une assertion de Pappus, puisque la série de propositions EMNPQR n'est pas toujours réversible.

Livre III. *Les figures semblables.* Lignes proportionnelles sur deux droites et dans le cercle; similitude des polygones; relations métriques dans le triangle; problèmes sur les lignes proportionnelles; polygones réguliers; mesure de la circonférence.

Dans ce livre, il n'y a guère que des additions et des modifications de détail, assez nombreuses, il est vrai. Citons l'introduction du théorème de Stewart, la construction des expressions algébriques quand elle peut se faire au moyen de la règle et du compas, une analyse complète des problèmes relatifs au contact des cercles, et une étude, due à M. Rouché, du degré d'approximation auquel conduit la méthode des isopérimètres dans le calcul du rapport de la circonférence au diamètre.

Appendice II. *(Introduction à la géométrie supérieure.)* (106 pages en petit texte.) Principe des signes; transversales; rapport anharmonique; triangles homologiques; rapport harmonique; pôle et polaire dans le cercle et méthode des polaires réciproques; figures homothétiques; axes radicaux; involution; inversion et inverseurs; transformation par semi-droites réciproques, cycles.

L'étendue de cet appendice est plus que doublée depuis la première édition. Il est impossible et il serait fastidieux d'indiquer toutes les additions qui y ont été introduites depuis 1866. Les diverses méthodes déjà exposées alors dans le Traité, le sont ici avec plus d'ampleur et avec des applications plus nombreuses, par exemple, la théorie des figures homothétiques et de l'inversion; d'autres sont introduites ici à leur vraie place naturelle, comme celle de l'involution et des faisceaux de cercles. La transformation par semi-droites réciproques, due à un géomètre profond trop tôt enlevé à la science, Laguerre, a été rédigée par l'inventeur lui-même; elle se trouvait déjà dans l'édition précédente. Parmi les applications nouvelles ou traitées plus complètement qu'autrefois, nous citerons la théorie des inverseurs de Peaucellier, Hart, etc.; le théorème de Casey sur le cercle tangent à quatre autres; le problème d'Apollonius (cercle tangent à trois cercles donnés), et sa généralisation (cercle coupant trois cercles sous des angles donnés); les propriétés du cercle des neuf points; le problème de Castillon (inscrire dans un cercle donné un polygone dont chaque côté passe par un

point donné), d'après Petersen ; le problème de Malfatti (décrire trois cercles tangents l'un à l'autre et inscrits respectivement dans chacun des angles d'un triangle).

Livre IV. *Les aires.* Mesure des aires des polygones ; comparaison des aires ; aire du polygone régulier et du cercle ; problèmes sur les aires.

Ce livre n'a pas changé depuis la première édition.

Appendice III. *Valeur approchée des aires ; différence entre un arc et sa corde ; maximums et minimums des figures planes.* Les deux premières questions n'étaient pas traitées dans la première édition. MM. Rouché et de Comberousse font connaître deux formules approchées pour les aires : celle de Simpson avec la démonstration que nous en avons donnée en 1881, laquelle permet d'évaluer l'erreur commise ; puis celle de Poncelet. Dans une prochaine édition, ils devraient introduire la formule de Parmentier, meilleure que celle de Poncelet, d'après ce grand géomètre lui-même et d'un usage tout aussi facile ; puis la formule des trapèzes à propos de laquelle nous avons établi le curieux théorème suivant : Une aire limitée par une courbe à concavité toujours tournée dans le même sens, par une base rectiligne et par deux ordonnées extrêmes perpendiculaires, est comprise entre l'aire d'un polygone inscrit dont les sommets ont des ordonnées équidistantes et celle de ce polygone où l'on remplace le premier et le dernier côté par des parallèles à la base passant par le second et l'avant-dernier sommet.

La question des isopérimètres est traitée, depuis la première édition, d'après le texte français d'un Mémoire célèbre de Steiner. Ne faudrait-il pas tenir compte des corrections introduites, d'après les manuscrits du grand géomètre, dans le texte allemand de ses *Œuvres complètes ?* Les travaux récents sur la question dus à M. H. A. Schwarz et à d'autres géomètres, et où ils emploient toutes les ressources du calcul des variations, semblent prouver qu'elle est plus difficile qu'elle ne paraît au premier abord.

Questions proposées sur la géométrie plane. Liste de 530 questions classées par livres et paragraphes. La première édition en contenait un peu davantage (593) : plusieurs des questions omises ont passé dans le texte.

Note I. *Mesure des grandeurs* (9 pages). Cette note est le développement de quelques pages qui, dans la première édition, étaient disséminées dans les livres précédents. Nous pensons que, dans les futures éditions de leur livre, les auteurs seront peu à peu amenés à exposer une théorie des incommensurables

plus arithmétique encore que celle qui est donnée dans l'édition actuelle.

Note II. *Sur l'impossibilité de la quadrature du cercle* (8 pages). Cette note, qui a paru déjà dans la précédente édition, est le résumé simplifié de la démonstration que Lindemann a déduite, en 1882, des profondes recherches de Hermite sur la fonction exponentielle (1874). Il a prouvé que *le nombre π n'est racine d'aucune équation algébrique.*

Note III. *Sur la géométrie récente du triangle* (61 pages). Cette note, avec le travail analogue sur le tétraèdre, est l'addition la plus considérable introduite dans la sixième édition. L'une et l'autre ont été rédigées par M. Neuberg, le géomètre qui, avec MM. Lemoine et Brocard, a le plus contribué aux progrès de la géométrie récente. Voici le sommaire des matières abordées dans la note relative au triangle :

Coordonnées normales et coordonnées barycentriques ; points complémentaires et anticomplémentaires ; droite et points harmoniquement associés à un point ; points et transversales réciproques, points inverses, droites isogonales ; triangles orthologiques ; métapôles de deux triangles; triangles métaharmoniques; symédianes et points de Lemoine ; cercle, points, triangles de Brocard ; point de Gergonne ; point de Nagel ; figures semblablement variables ; cercles remarquables ; questions proposées (56).

La géométrie récente, dont on trouve les premiers linéaments chez Euler et chez Steiner, touche à la fois à la géométrie élémentaire et à la théorie des coniques. Dans une prochaine édition, nous ne doutons pas que la géométrie récente des coniques ne trouve aussi une place dans le *Traité de Géométrie.*

Géométrie dans l'espace. Livre V. *Le plan.* Premières notions sur le plan ; droites et plans parallèles ; droites et plans perpendiculaires; angle d'une droite et d'un plan et plus courte distance de deux droites ; angles dièdres ; plans perpendiculaires ; angles polyèdres.

Comme on le voit, la théorie du parallélisme précède celle de la perpendicularité. Dans la première édition de leur géométrie, MM. Rouché et de Comberousse avaient conservé à peu près l'ordre traditionnel des *Éléments* de Legendre. On peut regretter qu'ils l'aient abandonné ; car, comme le remarque M. De Tilly dans son *Essai sur les principes fondamentaux de la Géométrie et de la Mécanique,* il est plus scientifique d'établir d'abord, en géométrie solide aussi bien qu'en géométrie plane, les propositions qui ne dépendent pas du postulat de la parallèle unique.

Au n° 577, 3°, on pourrait introduire avec avantage une démonstration directe (due à M. Catalan) de l'égalité des dièdres d'un trièdre ayant des faces égales.

Appendice IV. *Quadrilatère gauche ; perspective* (9 pages). Les premiers principes de perspective et la notion de droite de l'infini introduites ici manquaient dans la première édition.

Livre VI. *Les polyèdres.* Propriétés, aire et volume du prisme et de la pyramide; figures symétriques; polyèdres semblables.

Peu de changements. Dans la sixième édition, les auteurs sont revenus à la démonstration ancienne pour le prisme triangulaire tronqué obliquement. Nous leur signalons une démonstration de Halsted (*Mathesis*, 1885, V, pp. 9-10), plus simple que la leur pour le volume du solide à faces opposées parallèles et à faces latérales triangulaires.

Appendice V. *Propriétés générales des polyèdres ; centre de gravité ; propriétés projectives ; figures homologiques* (32 pages). La partie de cet appendice relative aux propriétés projectives des figures et à l'homologie ne se trouvait pas dans la première édition. Le célèbre théorème $F + S = A + 2$ est toujours attribué à Euler. M. de Jonquières a prouvé péremptoirement qu'il appartient à Descartes, comme Baltzer l'avait déjà fait remarquer en 1862.

Livre VII. *Les corps ronds.* Cylindre; cône; premières notions sur la sphère; propriétés des triangles sphériques : aire de la sphère; volume de la sphère; généralités sur les surfaces.

Il n'y a guère ici en fait d'addition que la propriété fondamentale du plan tangent aux surfaces gauches. La théorie des triangles sphériques, autrefois placée après le volume de la sphère, a été déplacée; la démonstration de la propriété du grand cercle d'être le plus court chemin sur la sphère a été changée.

Selon nous, ce livre est celui où il y aurait le plus de modifications à introduire. A propos de la solution du problème : *trouver le rayon d'une sphère solide,* il y aurait lieu d'introduire les principes *généraux* relatifs aux constructions de ce genre, dus à Pappus et à M. De Tilly (*Annales de la Société scientifique de Bruxelles,* t. IX, 1885-1886, ou *Mathesis,* 1885, t. V, supplément III, pp. 21-30). Ils s'appliquent à d'autres surfaces que la sphère.

La démonstration du théorème relatif à l'arc de grand cercle comme plus court chemin est insuffisante aussi bien dans la première édition que dans la sixième. Nous avons signalé les

difficultés que présente cette question et la question plus générale de la longueur des lignes courbes non planes dans *Mathesis* (1888, t. VIII, pp. 262-264; 1889, t. IX, pp. 112-116, 212-214) et nous y renvoyons le lecteur. Nous ajouterons qu'au point de vue géométrique pur, ces difficultés disparaissent ou sont considérablement réduites, quand on prend la définition suivante proposée par M. Peano(1): *La longueur d'une courbe est la limite supérieure, dans le sens de Weierstrass, des polygones inscrits dans la courbe.* Une autre théorie à modifier complètement, non seulement dans le *Traité de géométrie* de MM. Rouché et de Comberousse, mais aussi dans presque tous les manuels de géométrie descriptive, est celle du plan tangent aux surfaces. On sait qu'il existe des courbes continues qui n'ont de tangentes en aucun de leurs points; il est facile d'imaginer des surfaces qui n'aient pas non plus de plan tangent, en aucun de leurs points, par exemple, les cylindres et les cônes ayant pour directrices les lignes dont il vient d'être question. *Il est donc impossible d'établir d'une manière générale l'existence du plan tangent dans les surfaces continues.* Aussi, toutes les démonstrations proposées pour ce théorème contiennent-elles quelque paralogisme ou quelque postulat caché: celle de MM. Rouché et de Comberousse suppose implicitement que, sur toute surface, on puisse trouver, en chaque point, une courbe continue, lieu des points de contact de tangentes parallèles, à des courbes de la surface situées dans des plans parallèles. La vraie méthode pour établir l'existence du plan tangent, c'est de procéder en géométrie comme en analyse: il suffit de démontrer la chose successivement pour chaque espèce de surface considérée: surfaces réglées, surfaces de révolution, etc., en prenant pour point de départ explicite l'existence de la tangente aux courbes directrices. C'est ainsi qu'a procédé M. Goedseels, dans une *Théorie des surfaces réglées* (Louvain, Fonteyn, 1885), dont la partie essentielle pourrait être introduite utilement dans les nos 884, 889 du *Traité de géométrie* (voir aussi *Mathesis,* 1883, t. III, pp. 49-54).

(1) C'est ce géomètre aussi qui a résolu le premier les difficultés plus grandes encore que présente la question de l'aire des surfaces. (Voir une note publiée par lui, le 19 janvier 1890, à l'Académie royale des *Nuovi Lincei.)* Soit dit en passant, nous croyons, conformément à l'avis de M. Catalan, et contrairement à celui des auteurs du Traité (n° 739, p. 140 du tome II de la sixième édition, ou n° 740, p. 470 de la première édition), que le volume, tout comme la surface d'un cylindre, *doit être défini.* Nous pourrions faire des observations analogues sur les aires des courbes planes.

Appendice VI. *Théorème de Guldin ; la sphère est maxima parmi les corps de même aire; théorie des polyèdres réguliers; figures homothétiques ; pôle et plan polaire ; plan radical de deux sphères ; inversion ; géométrie sphérique* (61 pages).

La plupart des questions abordées ici, sauf la théorie des figures homologiques, se trouvent déjà dans la première édition; mais diverses additions ont été introduites dans plusieurs paragraphes.

Ne pourrait-on pas ajouter ici un paragraphe consacré aux polyèdres semi-réguliers d'Archimède et de Képler, si bien étudiés par M. Catalan ?

Livre VIII. *Les courbes usuelles.* Ellipse; hyperbole; parabole: ellipse comme projection orthogonale du cercle ; parabole comme limite de l'ellipse ou de l'hyperbole; sections coniques; hélice.

Peu d'additions et de modifications dans ce livre.

Appendice VII. *(Géométrie supérieure.)* (140 pages.) Homographie et involution; théorie des courbes du second ordre; théorie des surfaces du second ordre; étude de quelques surfaces d'ordre supérieur.

C'est la section du livre qui a reçu les accroissements les plus considérables. Citons, outre une théorie des quadriques, du tore et de la surface des ondes, qui manquaient complètement dans la première édition, un article sur les constructions relatives à l'homographie et à l'involution, un autre sur l'ordre des courbes algébriques, la généralisation du problème de Castillon, des développements sur la théorie des diamètres, des foyers, des coniques tangentes, bitangentes, osculatrices, et sur le tracé des coniques assujetties à diverses conditions. Grâce à ces diverses additions, le livre de MM. Rouché et de Comberousse contient une théorie synthétique des coniques très complète et qui a sur des ouvrages célèbres (la *Géométrie supérieure* et les *Coniques* de Chasles; la *Geometrie der Lage* de V. Staudt ou de Reye) cet avantage, que MM. Rouché et de Comberousse font usage de toutes les méthodes d'investigation des propriétés de ces courbes célèbres, la géométrie analytique exceptée.

Dans la théorie des surfaces du second ordre, on pourrait introduire la solution élémentaire du problème : *Trouver l'intersection d'une droite avec une quadrique* (*Mathesis*, 1883, III, 177-181), dont M. Rouché lui-même a donné une solution très élégante pour l'hyperboloïde de révolution (*Nouv. Annales de Mathématiques*, 1882, pp. 97-98).

QUESTIONS PROPOSÉES SUR LA GÉOMÉTRIE DANS L'ESPACE (568 questions classées — la première édition en contenait à peu près le même nombre).

NOTE I. *Sur l'application des déterminants à la géométrie* (7 pages). Comme dans la première édition : Aire du triangle ; volume du tétraèdre ; relations entre les distances mutuelles de trois points sur une droite, de quatre points dans un plan ou sur un cercle, de cinq points dans l'espace ou sur une sphère, etc. Ces relations sont extrêmement importantes au point de vue de la *caractérisation* de la géométrie euclidienne et des géométries non-euclidiennes.

NOTE II. *Sur la géométrie non-euclidienne* (17 pages). Cette note, qui a déjà paru dans la cinquième édition, contient un exposé de la seule géométrie lobatschewskienne : il n'y est pas parlé de la géométrie riemannienne. La partie élémentaire de la géométrie lobatschewskienne est exposée synthétiquement d'après Lobatschewsky lui-même. Mais la partie métrique est donnée analytiquement d'après un mémoire ingénieux de M. Battaglini. Malheureusement le point de départ du géomètre italien contient un postulat qui enlève toute rigueur à son exposition. Dans un triangle rectangle (minuscule) *opm*, dont le côté *op* est fixe, l'autre $om = z$ variable, ainsi que l'angle opposé $opm = t$, il doit exister, dit M. Battaglini, *d'après la théorie des fonctions*, une relation du premier degré entre *tang t* et *Thu*, si $z = ku$, k étant une constante indéterminée, parce que, à chaque position de m correspond une seule valeur de *tang t* et *Thu* et réciproquement (pp. 585-586). Le principe invoqué n'est applicable qu'à des fonctions définies non seulement, comme ici *tang t* et *Thu*, pour des valeurs *réelles* des variables correspondantes, mais aussi pour toutes les valeurs *imaginaires* de celles-ci. En appliquant ce principe à t et u, au lieu de l'appliquer à *tang t* et *Thu*, on prouverait que u et t doivent être liés par une relation linéaire, ce qu'aucun géomètre ne voudra certainement admettre.

L'exposition rigoureuse de la partie métrique des géométries non-euclidiennes est bien difficile à faire autrement que dans un ouvrage étendu analogue à ceux de M. De Tilly ou de M. Flye de Sainte-Marie. Peut-être, dans une future édition de leur traité, MM. Rouché et de Comberousse feraient-ils mieux de remplacer la note actuelle par un exposé historique, sans démonstration, des recherches sur la métagéométrie.

NOTE III. *Sur la géométrie récente du tétraèdre* (22 pages).

Points et plans harmoniquement associés. Sections anti-parallèles d'un tétraèdre. Points inverses. Tétraèdres et pentagones orthologiques. Quadruples hyperboloïdiques. Sphères tangentes aux quatre faces d'un tétraèdre. Tétraèdre orthocentrique; quadrarète et quadrangle orthiques. Les hauteurs d'un tétraèdre quelconque sont des génératrices d'un hyperboloïde équilatère. La plupart des théorèmes nouveaux contenus dans cette note sont dus à M. Neuberg.

D'après cette longue analyse critique, le lecteur a quelque idée des richesses géométriques réunies par MM. Rouché et de Comberousse dans leur *Traité*. Nous avons dû indiquer un certain nombre de questions où nous différons d'avis avec les savants auteurs de ce beau livre; nous croyons que divers points dont nous n'avons pas parlé pourraient être améliorés d'apres les ouvrages de MM. De Tilly, Catalan, Baltzer, Faifofer. Mais, en général, leur exposition est simple, claire, rigoureuse, suggestive et, pour le jeune professeur qui veut se mettre au courant, vite et bien, à la fois des méthodes anciennes et des méthodes nouvelles de la science, on ne peut conseiller une meilleure encyclopédie géométrique que le *Traité* de MM. Rouché et de Comberousse (1).

P. Mansion.

XIII

Encyclopédie des Travaux Publics; Baudry et C^ie^, éditeurs, Paris. — Ouvrages nouvellement parus :

I. — Hydraulique, par A. Flamant, ingénieur en chef des ponts et chaussées, professeur à l'École centrale des arts et manufactures et à l'École nationale des ponts et chaussées; 1 vol. in-8° de XXX-685 pages; 1891.

II. — Restauration des montagnes. Correction des torrents. Reboisement, par E. Thiéry, professeur à l'École Forestière, avec une introduction de M. Lechalas; 1 vol. in-8° de 413 pages; 1891.

III. — Architecture et constructions civiles. Maçonnerie, par

(1) Il est à peine nécessaire de parler de l'exécution typographique de l'ouvrage. Il suffit de dire qu'il est édité par MM. Gauthier-Villars et fils.

J. Denfer, architecte, professeur à l'École centrale; 2 vol. in-8° de 408 et de 423 pages; 1891.

I. Hydraulique. — M. Flamant, qui avait déjà rédigé pour l'Encyclopédie des Travaux Publics une *Mécanique Générale* et une *Résistance des Matériaux* dont nous avons rendu compte lors de leur apparition (1), vient de la doter d'un traité d'Hydraulique où il s'est efforcé de faire entrer sous la forme didactique tous les progrès acquis à la théorie, grâce aux travaux des savants modernes, notamment de Saint-Venant, Dupuit, Dausse, Kleitz, Graëff, de MM. Bazin, Boussinesq, Lechalas, Fargue,...

Nous allons présenter ici l'analyse sommaire de cet important ouvrage destiné assurément à être fort apprécié de tous les spécialistes (2).

L'Hydraulique, comme on sait, a pour but l'application, dans la mesure où celle-ci est reconnue légitime, des principes de la théorie aux faits mis en évidence par l'expérience de façon à atteindre non pas les lois exactes du mouvement des liquides, mais une expression approchée de celles-ci, suffisante pour les besoins de la pratique. Il est donc indispensable, avant d'aborder l'étude de l'hydraulique proprement dite, de se bien pénétrer des principes généraux de l'*Hydrostatique* ou de l'équilibre des fluides. C'est pourquoi, sous une forme d'ailleurs aussi succincte que possible, M. Flamant, dans un premier chapitre, fait le rappel de ces notions fondamentales. A propos de la stabilité de l'équilibre des corps flottants, on trouvera dans ce chapitre une démonstration, due à Rankine, de la propriété principale du métacentre, qui semble plus simple, bien qu'un peu moins générale, peut-être, que celle que l'on en donne ordinairement. L'auteur rappelle l'application aux prismes carrés, qui bien que très connue, et pour ainsi dire classique, présente l'intérêt de faire ressortir l'usage qui peut être fait de la théorie.

Avec le chapitre II commence l'étude du mouvement des liquides et des conditions générales de ce mouvement. Après les équations générales de l'hydrodynamique, on y trouve l'équation fondamentale de l'hydraulique, de laquelle se déduit immédiatement, pour le mouvement permanent, le théorème de Ber-

(1) Voir les livraisons de la *Revue* de janvier 1887 et d'octobre 1888.

(2) M. Flamant ayant lui-même, dans un *Avant-propos* largement traité, donné un résumé très complet des matières de son livre, le compte rendu que nous donnons ici est pour la plus grande partie emprunté à ce morceau.

noulli. L'étude du mouvement uniforme, qui vient ensuite, donne à l'auteur l'occasion de définir le frottement intérieur des liquides et de rappeler une remarquable expérience faite par M. Couette, rapportée par lui dans une thèse de doctorat toute récente (30 mai 1890), et qui est de nature à projeter une vive lumière sur les conditions, encore si peu connues, de ce frottement. L'expression du coefficient du frottement intérieur, donnée par M. Boussinesq, sert ensuite à établir les formules générales du mouvement uniforme dans une section circulaire ou demi-circulaire, ainsi que dans une section rectangulaire très large.

Après toutes ces généralités sur le mouvement des liquides, vient l'étude des circonstances accidentelles de ce mouvement, ce qu'on pourrait appeler les points singuliers des courants liquides, qui constitue le chapitre III. On y trouve d'abord les lois de l'écoulement par des orifices en mince paroi ou en paroi épaisse, avec les coefficients de débit qui ont été proposés soit par Poncelet et Lesbros, soit par M. Graëff, soit en dernier lieu par M. Hamilton Smith, ingénieur américain, qui a publié en 1886 un important ouvrage où sont discutées toutes les expériences connues, y compris les plus récentes, sur ce sujet. Les diverses causes de perte de charge : l'élargissement brusque de la section d'écoulement, le passage à travers une section rétrécie, l'entrée dans un tuyau, le passage dans les coudes, forment un paragraphe spécial de ce chapitre, qui comprend ensuite l'étude de l'écoulement par les ajutages, puis par les déversoirs.

Pour le paragraphe relatif aux déversoirs, M. Flamant a emprunté la théorie aux travaux les plus récents de M. Boussinesq qui est parvenu, au moyen d'une hypothèse simple mais plausible sur la forme des trajectoires des filets liquides, à donner une explication parfaite de l'écoulement par un déversoir en mince paroi. Fait bien remarquable : les expériences nombreuses et précises de M. Bazin ont confirmé ces vues théoriques jusque dans leurs plus petits détails. M. Bazin a en outre fait une étude expérimentale très complète des nappes déversantes, dont M. Flamant fait connaître dans son livre les premiers résultats. Il résulte de ceux-ci que le coefficient de débit des déversoirs varie dans des limites beaucoup plus étendues qu'on ne le supposait et que, par suite, les débits que l'on calculait avec un coefficient unique sont souvent fort éloignés de la réalité.

Après quelques exemples d'application des formules établies dans les paragraphes précédents, l'auteur continue l'étude des points singuliers des cours d'eau par celle du ressaut superficiel,

d'après les travaux de M. Bazin et ceux de M. Boussinesq. La division des cours d'eau en deux catégories, les rivières et les torrents, s'y trouve faite d'après la distinction qui a été établie par ce savant dans son *Essai sur la théorie des eaux courantes*. Le chapitre III se termine par une étude très sommaire des tourbillons liquides d'après M. Boussinesq.

Le chapitre IV est consacré aux tuyaux de conduite. L'étude de l'écoulement dans les tuyaux est relativement simple, elle ne donne lieu à aucune particularité intéressante; la seule difficulté consiste à choisir une formule qui donne la vitesse moyenne en fonction du diamètre et de la charge. L'auteur cite un grand nombre de celles qui ont été proposées, avec les coefficients correspondants. En France on se sert, presque exclusivement, soit de celle de Prony, soit de celle de Darcy, ou des tables qui en ont été déduites. A l'étranger, au contraire, ce sont la formule et les tables de Weisbach qui sont les plus usitées. M. Flamant en propose une autre, qui donnera le plus souvent des résultats intermédiaires entre celles-là; elle présente, en apparence, plus de complication, mais son emploi est rendu facile par les tables numériques que l'auteur en a déduites.

La résolution de quelques-uns des problèmes les plus ordinaires auxquels donne lieu l'établissement des tuyaux de conduite forme la partie la plus importante de ce chapitre, qui se termine par une étude très sommaire des conditions de l'écoulement, c'est-à-dire de la répartition des vitesses dans un tuyau circulaire.

L'étude des cours d'eau commence avec le chapitre V. Elle se divise en deux parties principales : la première s'applique aux canaux découverts ou aux cours d'eau de section transversale et de pente constantes contenus dans un lit de forme invariable. Après y avoir donné les formules du mouvement uniforme, l'auteur y étudie, d'après M. Bazin et M. Cunningham, la loi de la répartition des vitesses aux divers points de la section transversale, et après quelques applications des formules spéciales, il considère le mouvement permanent varié, ou la théorie des remous d'exhaussement et d'abaissement; il emprunte à Dupuit une grande partie de ce paragraphe ainsi que du suivant, où sont calculés les effets d'un étranglement ou d'un élargissement du lit.

La seconde partie de l'étude des cours d'eau, consacrée aux cours d'eau naturels, forme le chapitre VI. Par opposition aux canaux qui font l'objet du chapitre précédent, M. Flamant considère alors les cours d'eau à fond mobile et les conditions

nouvelles qui résultent de la mobilité du lit. Après avoir rappelé la loi primordiale exprimant l'équilibre des matériaux du fond, déjà énoncée par Guglielmini, il donne une explication sommaire de l'entraînement et de la suspension de ces matériaux, puis une théorie de l'équilibre des rivières à fond de sable d'après M. Lechalas. Ce sont là des notions qui ne se trouvent généralement pas dans les traités d'hydraulique, mais dont l'importance est capitale pour les ingénieurs. Abordant ensuite la question de l'influence de la forme des rives, il résume les importants travaux de M. Fargue sur ce sujet. Renvoyant pour les détails techniques à deux autres ouvrages de l'Encyclopédie, l'*Hydraulique fluviale* de M. Lechalas et la *Navigation intérieure* de M. Guillemain, M. Flamant constate simplement que la correction des rivières par l'établissement de digues longitudinales a les conséquences suivantes : l'abaissement des hauts fonds du thalweg; la diminution de la pente et l'abaissement de l'étiage vers l'amont.

Cet abaissement peut produire en amont, ou la chute des rives, si elles ne sont pas suffisamment protégées, ou bien des rapides raccordant l'ancien niveau avec le niveau abaissé. Ces désordres ne peuvent être évités que si l'on établit, dans le lit, des barrages de soutènement, ou seuils résistants, en des points convenablement choisis. La construction de ces seuils, dans le lit, peut d'ailleurs être complétée par l'établissement de hausses ou barrages mobiles augmentant le tirant d'eau et les chutes à racheter par des écluses.

Chacun de ces barrages de soutènement du lit localise en un point l'effet de la diminution de pente produite par le règlement des rives. Quand la pente est faible, on peut arriver à une solution définitive, sans écluses, en maintenant ainsi la pente naturelle dans chaque section de rivière après avoir régularisé les rives. Si au contraire la pente est forte, on laisse le nouveau tracé des rives produire son effet sur des sections séparées par de véritables barrages créant des chutes où l'on établit des écluses. Mais si, dans un cours d'eau à forte pente, on place ces barrages qui, construits d'ordinaire sur une partie seulement de la largeur et alternativement sur chaque rive, portent alors le nom d'épis-noyés, assez près les uns des autres pour que le fond conserve sa pente générale, on arrive à créer une vitesse moyenne trop grande qui peut rendre le cours d'eau impraticable à la remonte.

A la suite de cet exposé sommaire, l'auteur donne, d'après

Dupuit, dans un court paragraphe, les lois de l'écoulement souterrain, ou à travers des terrains perméables; enfin, il termine ce chapitre, consacré aux cours d'eau naturels, par l'indication des méthodes de jaugeage : par l'observation des hauteurs, par déversoirs, par flotteurs simples et doubles, par bâtons lestés, par tube de Pitot ou de Darcy, par moulinet de Woltmann ou de Harlacher.

Le chapitre suivant est consacré aux crues des cours d'eau, ou plus généralement au mouvement non permanent. Après avoir donné les équations générales de ce mouvement, M. Flamant résume les travaux de M. Kleitz sur les crues, et indique les méthodes approximatives qu'il a lui-même employées sur le Rhône pour l'étude de ces phénomènes. Il passe ensuite à la prévision des crues et, après avoir rappelé sommairement les travaux de Belgrand, il indique les méthodes proposées et adoptées par M. Allard et par M. Mazoyer pour la prévision des crues de la Seine et de la Loire. Enfin il donne quelques idées générales sur la question de l'atténuation des effets des crues par des réservoirs, digues submersibles ou insubmersibles.

Le chapitre VIII traite des mouvements ondulatoires. Leur étude théorique élémentaire est aujourd'hui possible, grâce aux travaux de M. Boussinesq, dont les résultats se sont accordés d'une manière si remarquable avec les recherches expérimentales de M. Bazin sur la propagation des ondes. M. Flamant étudie d'abord les ondes de translation de forme quelconque, puis l'onde solitaire qui seule se propage sans se déformer. Il donne ensuite, d'après Gerstner, une théorie élémentaire des ondes d'oscillation ou de la houle, avec quelques indications sommaires sur le clapotis. Il a rattaché à ce chapitre les mouvements oscillatoires de l'eau dans les tubes et les colonnes liquides oscillantes proposées pour économiser l'eau dans les écluses de navigation. Il donne enfin quelques notions générales sur les marées de la mer et les marées fluviales, d'après Comoy. On trouvera, dans ce dernier paragraphe, l'indication des méthodes de M. Lechalas pour la détermination de la vitesse moyenne, à un instant quelconque, dans l'une des sections transversales du fleuve, dans la partie soumise à l'action de la marée, et aussi le résumé d'un travail de M. le professeur Cauthorne Unwin relatif au mouvement des eaux dans les estuaires et à la manière dont s'y mélangent les eaux de diverses provenances. Le chapitre se termine par quelques considérations générales sur l'amélioration des estuaires des fleuves à marée, empruntées à M. le professeur Franzius.

C'est là que s'arrête, à proprement parler, l'hydraulique, ou l'étude du mouvement de l'eau.

Le chapitre IX, qui suit, est relatif aux fluides élastiques. Il est impossible d'établir une théorie des mouvements de ces fluides sans s'appuyer sur les principes de la thermodynamique et, d'autre part, l'auteur ne pouvait songer à donner, dans un traité d'hydraulique, où les fluides élastiques ne figurent que d'une façon accessoire, un exposé complet de la théorie mécanique de la chaleur. Aussi s'est-il contenté d'établir, par une méthode qui n'échapperait peut-être pas à toute critique au point de vue de la rigueur, mais qui ne laisse rien à désirer sous le rapport de la simplicité, les équations générales nécessaires à l'étude du mouvement des gaz parfaits.

Après avoir donné ces formules générales, M. Flamant les applique aux réservoirs d'air en communication avec les conduites d'eau et à l'étude du mouvement des gaz. D'après M. Haton de la Goupillière, il indique la loi du mouvement varié d'un gaz remplissant un réservoir et aborde ensuite le problème, plus important, de l'écoulement des gaz par longues conduites. Les travaux de M. Arson sur le gaz d'éclairage servent encore aujourd'hui de règle aux ingénieurs qui s'occupent de la distribution du gaz; mais il semble que les coefficients numériques que cet auteur a déduits de ses expériences et les tables qu'il a calculées ne sont pas applicables au transport de l'air comprimé. C'est du moins ce qui résulte d'expériences faites d'abord par M. Stockalper, puis par M. Kraft et en dernier lieu par M. Riedler. Ces expériences paraissent encore trop peu nombreuses et trop peu précises pour que l'on puisse en déduire de nouveaux coefficients et une nouvelle formule, et M. Flamant se borne à conseiller provisoirement, d'après l'avis de M. Kraft, l'usage des tables numériques dressées pour le calcul des conduites d'eau, qui fournira tout au moins une approximation.

Enfin, le chapitre X et dernier est relatif à la résistance des fluides, question encore très obscure sur laquelle la théorie et l'expérience font également défaut. La théorie ne donne un résultat positif que pour le problème de l'impulsion d'une veine fluide contre un plan indéfini; lorsqu'il s'agit au contraire d'un solide soumis à l'action d'un courant indéfini, elle ne peut plus donner que des aperçus qui doivent être complétés ou rectifiés par l'observation des faits. L'auteur indique les tentatives théoriques de Poncelet et de Saint-Venant; puis il emprunte à Du Buat des renseignements expérimentaux et en même temps

des vues qui, pour avoir été négligées pendant un siècle, ne semblent pas moins devoir conduire à la route sur laquelle on aura le plus de chances de trouver une solution satisfaisante. De nouvelles expériences, entreprises sous la direction de M. de Mas, permettront sans doute de faire un progrès marqué dans la connaissance des efforts mutuels des liquides et des solides en mouvement relatif.

A titre d'annexe, l'auteur donne les lois, arrêtés, circulaires et instructions ministérielles relatifs à la question des retenues d'eau, et il y ajoute quelques considérations générales sur l'interprétation qui peut en être donnée.

L'ouvrage est également complété par une série de 18 tables numériques, dont plusieurs entièrement nouvelles, destinées à simplifier les calculs que nécessite la pratique de l'hydraulique. A ce propos l'auteur fait la réflexion suivante : " Les tables calculées à l'avance, fournissant immédiatement, sans travail et surtout sans erreur, les solutions dont on a besoin, sont la seule forme sous laquelle les formules un peu compliquées puissent se faire accepter. „ Pour que cette réflexion soit absolument juste, il faut entendre, selon nous, par " tables calculées à l'avance „, non seulement les tables numériques telles que les donne M. Flamant, mais encore les tables graphiques ou *abaques* dont nous avons ailleurs (1) fait ressortir les très grands avantages en pareil cas.

Tout fait prévoir que l'excellent livre de M. Flamant est appelé à devenir rapidement classique parmi les hydrauliciens.

II. Restauration des montagnes. — Il est inutile, après les remarquables études de M. de Kirwan (2), d'insister dans cette *Revue* sur les dommages qui sont dus aux torrents et sur l'intérêt qu'il y a à combattre ces funestes effets en agissant d'une façon judicieuse sur les causes qui les provoquent. L'importance de l'ouvrage développé que M. Thiéry vient de consacrer à ce sujet n'échappera donc point à nos lecteurs. Il nous suffira, par suite, de donner une idée rapide des divisions du livre.

(1) *Avant-propos* de notre livre : *Nomographie. Les Calculs usuels effectués au moyen des abaques,* dont il a été rendu compte dans la livraison d'octobre 1891 de la Rev. des quest. scient. (M. O.)

(2) Voir notamment la série d'articles : *Montagnes et torrents,* dans les tomes XI, XII et XIV de la *Revue*.

Celui-ci débute par une *Introduction* due à la plume de M. Lechalas, où ce savant ingénieur trace les grandes lignes du problème à résoudre et fait ressortir ses analogies avec celui qui se pose à propos des rivières à fond mobile.

L'ouvrage proprement dit se divise en trois parties.

Avant de rechercher les moyens d'agir sur le phénomène, il est de toute nécessité de connaître à fond les moindres circonstances de celui-ci, d'où la première partie intitulée : *Description du phénomène torrentiel.*

Le phénomène une fois constaté, on peut songer à en combattre les effets soit en se mettant directement en garde contre ceux-ci, par les *Travaux de correction des torrents* (deuxième partie), soit en essayant d'agir sur sa cause, par les *Travaux de reboisement* (troisième partie).

La première partie commence par un chapitre de *Propositions préliminaires,* qui est le résumé des notions d'hydraulique intervenant dans le développement du sujet.

Celui-ci ne s'ouvre en réalité qu'avec le chapitre II, qui traite de la *Définition* et de la *Classification des torrents.* L'auteur s'inspire, bien entendu, sur ce point, des classiques recherches de Surell. Il s'en écarte toutefois, en ce qui concerne la définition même du torrent, pour se rapprocher de celle proposée par M. Scipion Gras, pour qui le phénomène du transport et du dépôt des matières n'est pas un caractère essentiel des torrents. De plus, aux quatre classes de cours d'eau considérées par Surell, il ajoute, avec M. Demontzey, le *ravin* qui, bien que fonctionnant comme un torrent, ne doit en être pris que pour un diminutif.

L'auteur indique les divers modes de classification des torrents dus à Surell, qui prend comme base la position qu'occupe le bassin de réception dans la montagne, à M. Scipion Gras, qui se réfère à l'étendue et à la configuration physique de ce bassin, à M. Costa de Bastelica, qui envisage la forme générale du torrent. Il revient plus loin sur ce sujet pour signaler la classification de M. Demontzey, fondée sur la nature des matières charriées.

Les *Causes de la formation des torrents* sont étudiées dans le chapitre III. Les unes tiennent à la nature géologique des montagnes et à l'action climatérique, les autres se rattachent à des circonstances provoquées par le fait de l'homme : nous voulons parler de la destruction des forêts et de celle des pâturages. En ce qui concerne ce dernier point, l'auteur, voulant s'appuyer sur la haute autorité de notre sympathique collaborateur M. de Kirwan, se réfère à l'article de la *Revue* que nous citions plus haut.

Le chapitre IV a trait à l'*Origine des matières charriées,* qui peut être rattachée à cinq causes principales successivement examinées par M. Thiéry :

1° La chute des débris de rochers situés à des altitudes supérieures à celles de la végétation ;

2° Les glaciers et les avalanches;

3° L'affouillement;

4° L'action destructive des agents atmosphériques ;

5° L'action dissolvante de l'eau sur les terrains argileux.

Outre leur origine, il est indispensable de connaître le *Mode de transport et de dépôt des matières charriées;* c'est le sujet du chapitre V, où l'auteur soumet avec habileté le phénomène à l'application de la formule analytique.

Il donne ensuite, dans le chapitre VI, une élégante théorie géométrique de la *Formation des lits de déjection.* Les choses ne se passent évidemment pas, dans la nature, avec la simplicité et la régularité que suppose cette théorie. Mais celle-ci a l'inappréciable avantage de faire ressortir avec netteté l'allure générale du phénomène, que les circonstances locales ne viennent modifier que dans des détails qui peuvent être négligés sans aucun inconvénient pour une vue d'ensemble.

Après cette étude minutieuse de leur régime, M. Thiéry décrit, dans le chapitre VII, les *Ravages causés par les torrents,* en s'inspirant notamment d'un excellent travail sur ce sujet de M. Ph. Charlemagne.

La deuxième partie débute également par un chapitre (le VIIIe) de *Propositions préliminaires.* C'est un simple rappel, très net et très succinct, des notions fondamentales relatives à la résistance et à la stabilité des constructions en maçonnerie.

Dans le chapitre IX, l'auteur établit, par déduction des principes exposés dans la première partie, quelles sont les *Opérations successives à exécuter en vue de l'extinction des torrents.*

C'est là qu'il aborde ce que nous appellerons la technique de l'art de l'ingénieur forestier, fixant d'abord dans leurs grandes lignes les *Méthodes générales de correction* applicables d'une part aux *torrents à affouillement* (chap. X), de l'autre aux *torrents à clappes* et aux *torrents glaciaires* (chap. XI).

Le chapitre XII est consacré à la *Classification des barrages.*

Dans le chapitre XIII, l'auteur développe avec soin les règles à suivre dans l'*Étude du torrent au point de vue de la correction* tant en ce qui concerne les recherches préliminaires sur le terrain que le choix de l'emplacement des barrages et la fixation des éléments nécessaires au calcul de leurs dimensions.

Le chapitre XIV, qui contient la théorie très détaillée de la *Stabilité des barrages en maçonnerie,* prouve que chez M. Thiéry le forestier est doublé d'un ingénieur très expert. Il s'en faut d'ailleurs que la théorie présentée dans ce chapitre se borne au simple rappel de méthodes antérieurement connues ; la part personnelle de l'auteur y est très considérable, notamment en ce qui concerne le calcul des barrages curvilignes.

Quant aux procédés mêmes à mettre en œuvre pour l'exécution des ouvrages de défense, ils sont exposés, avec tous les détails désirables, dans le chapitre XV, où sont successivement examinées les questions relatives aux barrages en maçonnerie, aux clayonnages, aux fascinages et aux travaux d'assainissement.

L'établissement d'un barrage ne soulève pas seulement une question de résistance des matériaux ; bien d'autres problèmes d'ordre mathématique se posent à cette occasion. M. Thiéry les résout dans les chapitres XVI et XVII (ce dernier spécialement réservé au débouché à donner à la cuvette). Les solutions très serrées et très détaillées sont toutes complétées par des exemples numériques propres à guider le praticien dans des cas analogues.

Non content d'ailleurs de mettre sous les yeux du lecteur ces exemples isolés, M. Thiéry consacre un chapitre tout entier, le XVIII^e^, à l'application des formules qu'il a précédemment établies à la correction d'un torrent composé, à clappes, pour lequel il se donne tous les éléments qui seraient à recueillir sur place. C'est en somme un projet complet, sur données numériques, qu'il développe ainsi. Nous voyons là une innovation des plus heureuses qui serait à imiter dans tous les ouvrages de ce genre. Elle supprime de la part du praticien toute hésitation dans la mise en œuvre des enseignements du livre.

La troisième partie, qui a trait aux *Travaux de reboisement,* est assez succincte. L'auteur renvoie pour les détails aux livres spéciaux et notamment à celui de M. Demontzey. " C'est, dit-il, un simple récit que nous allons faire, notre intention étant uniquement de montrer aux lecteurs de l'*Encyclopédie* les conditions dans lesquelles ont été entrepris la restauration et le reboisement des montagnes du midi de la France ainsi que les résultats obtenus par l'administration forestière. „

Le sujet se trouve condensé en trois chapitres.

Le premier d'entre eux, qui est le XIX^me^ de l'ouvrage, contient le tableau présenté sous une forme frappante des difficultés de

l'entreprise, difficultés d'ordre moral et d'ordre physique, signalées sur les exemples tirés de ce qui s'est fait dans les Pyrénées, les Cévennes et les Alpes.

Dans le chapitre XX sont exposées les méthodes employées suivant la nature des terrains auxquels on a affaire. Le chapitre XXI fait connaître les règles techniques relatives à l'exécution des travaux de reboisement.

L'ouvrage est complété par des tables propres à faciliter l'usage des formules données dans le texte. Quatre de ces tables sont numériques, les huit autres graphiques. Nous sommes d'autant plus enclin à féliciter l'auteur d'avoir fait connaître ces abaques qu'il se trouve en cela répondre à un vœu motivé que nous formulions récemment (1) et dont nous avons le ferme espoir de voir la réalisation devenir de plus en plus fréquente dans les écrits techniques. D'ailleurs, c'est un hommage à rendre au remarquable ouvrage de M. Thiéry, ce livre, qui se recommande d'ailleurs par une science très sûre, est écrit avec une préoccupation constante et une très juste notion des vrais besoins de la pratique. Il est appelé par là à obtenir les suffrages de tous les hommes techniques.

III. ARCHITECTURE ET CONSTRUCTIONS CIVILES. *Maçonneries.* — Ce dernier ouvrage, par son caractère exclusivement technique, échappe sans doute au cadre de la présente *Revue.* Nous demandons pourtant la permission d'en dire quelques mots, d'une part pour ne point laisser de lacune dans notre compte rendu général de l'*Encyclopédie des Travaux publics,* puis parce que ce livre nous semble de nature à intéresser toute une catégorie de lecteurs de la *Revue.* L'architecture, considérée par son côté technique, présente, en effet, de nombreux points de contact avec le génie civil.

Après une introduction où il définit le but de l'architecture et énumère les divers corps d'État dont le concours est nécessaire pour l'édification d'un bâtiment, l'auteur passe en revue dans un premier chapitre les différents matériaux et la

(1) *Avant-propos* de notre *Nomographie.* Nous croyons pouvoir, sans pour cela critiquer le moins du monde les abaques présentés par M. Thiéry, faire remarquer que les formules auxquelles ils se rapportent sont de celles pour lesquelles l'application de la *méthode des points isoplèthes,* développée dans le chapitre IV de notre ouvrage, est particulièrement avantageuse. Les abaques ainsi obtenus sont à la fois plus simples et plus nets que ceux à droites isoplèthes contenus dans le livre dont nous parlons. (M. O.)

façon de les mettre en œuvre pour l'exécution des maçonneries.

Dans le chapitre II, il indique un ensemble de règles empiriques propres à fixer les proportions des murs, laissant aux ouvrages spéciaux le soin de faire connaître les méthodes de calcul à appliquer lorsqu'on ne veut pas se borner à cette première approximation.

Le chapitre III traite, avec tous les détails pratiques que l'on peut désirer pour l'art du bâtiment, des fondations, des murs de cave et des murs en élévation.

Le côté plus spécialement architectural de la question est étudié dans les chapitres IV et V, qui terminent le premier volume, et sont relatifs l'un aux moulures et aux ordres, l'autre à la décoration des murs extérieurs.

La première partie du tome II est consacrée aux travaux de maçonnerie intérieurs : cloisons, planchers, voûtes (chap. VI); escaliers (chap. VII); éléments de décoration intérieure (chap. VIII); revêtements des sols (chap. IX). Sur ces divers sujets, l'exposé de l'auteur condense avec beaucoup de netteté tout ce que l'expérience a pu apprendre aux constructeurs.

Dans la seconde partie du tome II, l'auteur, jugeant sans doute la matière du chapitre I trop sommairement traitée pour le public spécial auquel il s'adresse et voulant affranchir celui-ci du soin de recourir à d'autres ouvrages, revient sur les propriétés et la fabrication des matériaux qui interviennent dans les maçonneries. C'est ainsi que le chapitre X est consacré aux roches naturelles utilisables dans les constructions, le chapitre XI aux chaux et ciments, le chapitre XII au plâtre, le chapitre XIII aux produits céramiques.

L'ouvrage de M. Denfer n'est évidemment pas de ceux qui se prêtent à une lecture courante. On n'y rencontre d'ailleurs ni vues théoriques, ni remarques critiques. En revanche on y apprend tout ce que l'expérience a permis à l'homme de nos climats d'ajouter à son instinct naturel en vue du problème de l'édification d'un bâtiment. C'est une mine féconde de renseignements précieux que tous les hommes techniques auront profit à consulter. Nous la leur recommandons sans réserve ; elle est de nature, en plaçant à leur portée immédiate une foule de données pratiques qu'ils pourraient avoir quelque peine à se procurer par des recherches spéciales, à les mettre en garde contre toute espèce de mécompte dans les applications de l'art de bâtir.

M. D'OCAGNE.

XIV

Traité d'Analyse, par H. Laurent, Examinateur d'admission à l'École Polytechnique. Tome VI : *Calcul intégral. Équations différentielles partielles ;* 1 vol. in-8° de 339 pages. — Tome VII et dernier : *Applications géométriques de la théorie des équations différentielles ;* 1 vol. in-8° de 339 pages. — Paris; Gauthier-Villars et fils; 1890 et 1891.

Les deux volumes dont nous donnons ici les titres complètent le *Traité d'Analyse* dont M. Laurent poursuivait la publication depuis plusieurs années. Nous avons, au fur et à mesure de leur apparition, signalé les différentes parties de cet important ouvrage aux lecteurs de la *Revue* (1), et nous avons déjà suffisamment insisté, pensons-nous, sur l'esprit dans lequel le livre a été conçu pour n'avoir pas de nouveau à y revenir. Nous nous contenterons donc de signaler brièvement ici la matière des deux derniers volumes.

Le tome VI renferme les notions essentielles sur les équations aux dérivées partielles.

Le chapitre I est consacré à la théorie, classique depuis Lagrange, de l'intégration des équations linéaires du premier ordre à une inconnue. L'auteur y a particulièrement soigné la théorie des multiplicateurs à laquelle il a apporté des contributions personnelles dignes d'intérêt.

Le chapitre II, très développé, est relatif aux équations quelconques aux dérivées partielles du premier ordre à une inconnue. L'auteur a su très habilement y fondre, en ce qu'elles ont de véritablement fondamental, les recherches de Cauchy, d'Ampère, de Poisson, de Jacobi, d'Hamilton, de Liouville, de M. Bertrand.

M. Laurent s'est attaché, en donnant l'exposé de la célèbre méthode de Cauchy, à soustraire celle-ci à l'objection de M. Bertrand visant les cas où son emploi semble n'être plus permis. L'auteur n'a d'ailleurs pas négligé les exemples d'application empruntés notamment à la mécanique.

Le chapitre III a trait aux équations aux différentielles totales et aux équations simultanées aux dérivées partielles. On y trouve une méthode plus simple, au point de vue théorique, que

(1) Voir les livraisons suivantes : janvier 1886; juillet 1887; avril 1888; juillet 1890.

celle de Mayer pour l'intégration des équations aux différentielles totales, et une méthode ramenant l'intégration des équations aux dérivées partielles du premier ordre à l'intégration d'équations aux différentielles totales analogues aux équations canoniques qui n'en sont d'ailleurs qu'un cas particulier. M. Laurent étend la méthode de Jacobi au cas où l'équation à intégrer contient la fonction inconnue en utilisant une remarque, dont il est l'auteur, sur les conditions d'intégrabilité d'une expression différentielle. Il montre, chose digne d'intérêt, comment on peut diriger la méthode de Jacobi pour lui faire comprendre celle de Cauchy, ce qui permet de synthétiser presque toutes les méthodes connues.

Dans le chapitre IV, l'auteur s'occupe des équations simultanées et des équations d'ordre supérieur. Il reproduit la démonstration de Cauchy sur l'existence des intégrales, en montrant qu'en réalité il n'est besoin de considérer que les équations linéaires.

Il fait l'application du théorème qu'il a lui-même rencontré sur les conditions d'intégrabilité à un système considéré par Jacobi, et il montre que ce théorème conduit peut-être de la façon la plus élémentaire à l'intégration d'une équation du premier ordre.

Les chapitres V et VI sont relatifs aux équations aux différences et aux équations fonctionnelles, traitées ici, si nous ne nous trompons, avec plus de détail que dans la plupart des ouvrages didactiques. Il convient de signaler spécialement une curieuse application de la théorie des dérivées à indices non entiers à la solution d'un problème résolu autrement par Abel. A noter aussi, dans le chapitre VII, réservé aux fonctions harmoniques, l'exposé et la démonstration du principe de Dirichlet suivant un mode en partie inspiré d'Harnack.

Le chapitre VIII contient les notions fondamentales du calcul des variations avec application aux surfaces minima et à l'intégration, dans diverses circonstances, de l'équation classique $\Delta_2 u = 0$.

Le chapitre IX, qui traite de la transformation des figures dans l'espace, ne se trouve pas logiquement à sa place. Il ne se compose, au surplus, que de quelques pages et ne doit être considéré que comme un hors-d'œuvre.

A titre d'observation générale, nous croyons devoir revenir sur l'importante remarque relative aux conditions d'intégrabilité faite par M. Laurent et dont il a su tirer un si heureux parti.

Nous ne saurions décider si la priorité lui en appartient bien en propre ; nous ne croyons pas, en tout cas, que jamais personne ait su comme lui en faire ressortir toute l'utilité.

Le tome VII et dernier est réservé aux applications géométriques de la théorie des équations différentielles qui, si on en excepte l'ouvrage magistral de M. Darboux dont le but est d'ailleurs tout à fait spécial, ne semblent avoir été traitées dans aucun ouvrage didactique avec de pareils développements.

Le chapitre I^er^ est relatif à l'étude, faite au moyen de coordonnées rectilignes, des courbes que l'on peut tracer sur une surface; le chapitre II, à la géométrie sphérique et à la théorie des images de Gauss, qui s'y rattache.

La théorie des coordonnées curvilignes est présentée avec beaucoup de soin et de netteté dans les chapitres III (surface) et IV (espace). Notons en passant que M. Laurent revendique comme lui appartenant, pour l'avoir donnée dans la seconde édition de de son *Traité de Mécanique,* la mise sous forme de déterminant de la condition pour que des courbes soient conjuguées, utilisée par M. Darboux dans son grand ouvrage. M. Laurent, de son côté, en tire parti dans un grand nombre de circonstances. Ce qui, d'ailleurs, caractérise le volume, c'est que presque tout se déduit de quelques formules fondamentales relatives aux coordonnées curvilignes. Il suffit, pour s'en convaincre, de remarquer que le numérotage des formules qui commence au chapitre III se prolonge jusqu'à la fin avec les mêmes notations.

Le chapitre V contient la théorie des surfaces gauches ; le chapitre VI, la géométrie des lignes droites (congruences et complexes). Il nous suffira, pour en signaler l'importance, de dire que l'auteur a su y faire entrer, sous une forme à la fois très sobre et très méthodique, tout ce que, sur ce sujet, ont introduit d'essentiel dans la science les travaux de Monge, de Malus, d'Hamilton, de Kummer, de Plücker et, plus près de nous, de Klein, de Picard, de Ribaucour, de Kœnigs, etc...

Arrivé au terme de l'examen du livre de M. Laurent, on est frappé de l'incroyable richesse des matériaux qui y sont accumulés, et on admire le labeur patient du savant auteur qui a su les mettre en œuvre sous la forme didactique propre à rendre leur assimilation plus aisée. Ce traité ne peut évidemment suffire à lui seul à faire embrasser toute la science à celui qui étudie : nulle œuvre humaine ne saurait prétendre à une fin aussi haute; au moins est-il de nature à faire pénétrer le lecteur bien plus avant que les livres didactiques ordinaires dans le domaine des théories

connues. D'un ouvrage élémentaire aux mémoires immortels où les maîtres de la science ont déposé leur pensée, la distance est généralement trop grande pour n'être pas franchie sans un rude effort. Le livre de M. Laurent vient réduire cette distance; nous sommes presque tenté de dire qu'il conduit le lecteur au seuil même des régions les plus élevées de la science. Aussi pensons-nous que ce livre est appelé à figurer dans la bibliothèque de quiconque, une fois achevé le temps des écoles, veut parfaire son éducation mathématique pour atteindre à la pleine intelligence des plus hautes conquêtes de l'esprit humain. Il n'est pas moins recommandable d'ailleurs par l'abondance des renseignements historiques et bibliographiques, par le nombre et la variété des exercices qu'il contient. Et nous sommes convaincu que le succès répondra pleinement à la somme immense de travail et d'érudition qu'y a dépensée l'auteur, ainsi qu'au soin apporté par l'éditeur dans l'exécution matérielle de l'ouvrage.

M. D'OCAGNE.

XV

ENQUÊTE SUR LES HABITATIONS OUVRIÈRES de la ville de Bruxelles, en 1890. — Rapport présenté au Comité de patronage de la ville de Bruxelles (institué en vertu de la loi du 9 août 1889), par CH. LAGASSE, ingénieur en chef, directeur des routes et bâtiments civils, président de la section des Habitations ouvrières, et CH. DE QUÉKER, secrétaire de cette section et du Comité de Patronage. — Forte brochure in-4° de 26 pages, contenant en annexe les *Travaux statistiques de l'enquête* en 7 tableaux, les six premiers relatifs aux six divisions de police, le septième récapitulatif; — la *Liste générale des Sociétés d'Épargne de Bruxelles,* — et la *Liste générale des rues de Bruxelles divisées par séries.* — Bruxelles, De Bremaeker-Wauts.

PLANS D'UNE MAISON DE JOURNALIER ET D'UNE MAISON DE JARDINIER construites impasse de l'Olivier, à Schaerbeek, par CH. LAGASSE-DE LOCHT, 1890-1891. — Publication du Ministère de l'Agriculture, de l'Industrie et des Travaux publics (service de santé et d'hygiène publique), pour servir aux Comités de patronage des habitations ouvrières.

La question des habitations ouvrières préoccupe à juste titre l'opinion publique, car il en est peu qui soient de plus haute importance sociale. L'hygiène publique, la moralité de la famille

ouvrière, la paix sociale sont ici en jeu. On voit le rôle considérable des comités de patronage créés par la loi sur les habitations ouvrières. Dans les nombreuses localités où le gouvernement les a constitués, ils se sont le plus souvent divisés en sections, en trois sections. A Bruxelles, la première section a dans ses attributions les habitations ouvrières; la deuxième, les institutions de crédit, d'épargne et d'assurance ; la troisième, la mutualité et la retraite.

Voici le plan de travail que s'est tracé la première section, d'après l'exposé présenté, le 16 mars dernier, par M. Lagasse, à la Société belge d'économie sociale :

I. L'enquête sur la situation de l'habitation ouvrière dans son ressort.

II. L'examen des moyens de remédier à cette situation, et notamment la recherche des modes les plus favorables d'intervention de la Caisse générale d'épargne et retraite de l'État.

III. La recherche des meilleurs types d'habitations ouvrières — c'est-à-dire des types les moins coûteux tout en étant les plus convenables, — et des emplacements les mieux choisis pour la construction de ces habitations.

IV. La protection de la propriété de l'ouvrier.

Les deux publications qui font l'objet de cette notice sont : la première, le rapport officiel sur l'enquête présenté au Comité de patronage de Bruxelles, réuni en séance plénière, le 23 avril 1891 ; — la deuxième, les plans de deux maisons construites à Schaerbeek par M. Lagasse pour démontrer par le fait la possibilité de bâtir à bon marché dans l'agglomération bruxelloise.

La construction à bon marché, tel est en effet le *desideratum*. Le but de la loi de 1889 serait manqué, si les efforts des pouvoirs administratifs et des particuliers aboutissaient à bâtir des maisons dont le prix de revient rendrait la possession et même la location inaccessibles à l'ouvrier. C'est presque une vérité de La Palisse. Elle est néanmoins bonne à dire parce que — l'auteur de ces lignes parle d'expérience personnelle — l'ouvrier, en présence des facilités de crédit qui lui sont faites et sous l'influence des gens du métier qui ont intérêt à grossir le coût de l'entreprise, modère difficilement ses désirs. On n'a guère en vue, lorsqu'on bâtit, que deux types de maisons : la *caserne,* comme on a si pittoresquement et trop justement dénommé la maison ouvrière *de rapport,* — et la maison bourgeoise. A la vérité, c'est le type intermédiaire qu'il importe de multiplier. Était-ce possible

dans une grande agglomération? Comme le philosophe antique qui prouvait le mouvement en marchant, M. Lagasse a donné au problème la solution pratique, la meilleure, en faisant bâtir à ses frais deux maisons de jardinier et de journalier, rue et impasse de l'Olivier, à Schaerbeek. L'Administration des Travaux publics a été bien inspirée en faisant publier les plans et le devis estimatif de ces constructions. Le coût d'exécution de la maison d'ouvrier — terrain non compris — s'élève seulement à 1428 francs 66 centimes.

L'enquête et le rapport où ses résultats sont consignés répondent à une incontestable nécessité pratique : il importe que le Comité de patronage de Bruxelles et les sociétés privées qui entreprendront de porter remède à la situation actuelle du logement ouvrier soient mis parfaitement au courant des faits. Pour atteindre ce but, le Comité a élaboré un Questionnaire inspiré de la méthode monographique pratiquée avec tant de fruit par Le Play et son école, et qui a été adressé par les soins de l'administration communale aux agents de police de section. Quatre-vingt-seize agents ont procédé à l'enquête : elle a donné des résultats excellents. Ce n'est pas à dire que les constatations soient satisfaisantes, mais les renseignements sont aussi précis qu'on pouvait le désirer.

En réalité, malgré le titre modeste du *rapport* de MM. Lagasse et De Quéker, sa portée sociale est considérable, et l'on y trouvera des renseignements du plus haut intérêt sur le taux des salaires, l'alcoolisme, l'épargne ouvrière, la bienfaisance publique. — Il a bien fallu aussi consacrer une rubrique spéciale à la *promiscuité*. Quoi d'étonnant si l'on songe que sur 19 594 *maisons*, les 19 284 *ménages* d'ouvriers de la ville n'en occupent que 4 601, ainsi répartis par l'enquête :

491	ménages	ouvriers	occupent	une *maison*.
1371	»	»	»	trois *chambres* et plus.
8058	»	»	»	deux »
6978	»	»	»	une »
2186	»	»	»	une *mansarde*.
200	»	»	»	une *cave*.

Quinze cents familles de plus de cinq *personnes* habitent une seule chambre.

Il y a 2895 familles où, faute d'espace, garçons et filles *adultes*

doivent coucher dans la même *chambre,* et 406 familles où ils doivent coucher dans le même *lit,* si, comme l'écrivent les rapporteurs, " un tel nom peut être donné à la paillasse, infectée souvent de vermine, et jetée la nuit au milieu de la chambre. „

Ce n'est pas seulement l'état de l'habitation ouvrière qui est ainsi révélé, c'est l'état social qui est brutalement mis à nu. Nous tenons de bonne source ce renseignement complémentaire et attristant : les nombreuses visites personnelles des membres du Comité de patronage les ont convaincus que les faits exposés dans le rapport ont été plutôt atténués qu'exagérés.

Éd. Van der Smissen.

XVI

Études sur la manipulation des matières textiles animales et végétales, par P.-F. Levaux. Tome Ier, *Industrie lainière;* tome II, *Industrie cotonnière.* — Deux vol. in-8° de 200-400 pp. — Louvain, Charles Peeters, éditeur.

L'usage des vêtements de laine remonte à la plus lointaine antiquité. Suivant le témoignage des Livres saints, la tonte des troupeaux se fit régulièrement en Palestine et en Syrie dès le temps des patriarches ; les mots de *chaîne* et de *trame,* qu'emploie le Lévitique en parlant des habits du lépreux, prouvent que les peuples de la vieille Asie s'étaient déjà rendu familier l'art de tisser. Les historiens profanes racontent qu'à l'époque où Rome subjugua la Macédoine, les natifs de l'Inde portaient des châles d'une finesse de tissu merveilleuse ; ils nous apprennent même que les sœurs d'Alexandre le grand fabriquèrent de leurs mains une robe de laine pour la mère de Darius.

C'est au génie des Égyptiens que Pline attribue l'invention de la filature ; les Grecs et les Latins n'auraient fait que la leur emprunter. L'art du tisserand passe, en se perfectionnant, à Byzance et en Espagne. Au moyen âge, les Frères de Saint-Michel allèrent établir aux bords de l'Arno de vastes ateliers qui livraient au commerce 100 000 pièces d'étoffe par an. Longtemps auparavant, la Frise avait fourni aux guerriers francs le drap bleu de leurs manteaux : c'est ce qu'atteste Éginhard, secrétaire de Charlemagne.

De bonne heure, la Belgique excella dans la fabrication des

tissus. Elle achetait à l'Angleterre les toisons de ses troupeaux, et les manipulait avec grande habileté. Édourd III, jaloux de nos succès, fit des offres très brillantes aux ouvriers de la Flandre pour les engager à franchir la mer et à venir implanter leur industrie dans son royaume.

Il sera aisé de se faire une idée de l'extension de l'industrie lainière en Belgique, si on se rappelle que Pierre de Coninck commandait 4000 hommes de la corporation des tisserands à la bataille des Éperons d'or (11 juillet 1302). Et pourtant, l'art du drapier resta pendant plusieurs siècles à peu près stationnaire. La découverte de la vapeur et les progrès de la chimie, avec la substitution des appareils mécaniques au travail manuel, furent le point de départ d'un développement merveilleux. Il se fit une véritable révolution dans la manipulation des matières textiles. Chose remarquable ! l'introduction des machines dans les fabriques a pu rendre la production plus rapide, le travail plus régulier et plus parfait, elle n'a pas encore diminué le nombre des opérations.

Dans la première partie des *Études* que nous entreprenons d'analyser, l'auteur examine, une à une et par le détail, les manipulations de la laine ; il discute avec une science et une expérience très sûres les avantages ou les désavantages des divers procédés, et apprécie à sa valeur pratique chaque système et chaque appareil.

Nous le suivrons dans ses développements, sans toutefois refaire comme lui l'histoire des innombrables traitements que subit la fibre textile avant de se transformer en drap.

Tous nous avons vu ces énormes *balles* de laine brute, cerclées de fer, que l'Amérique envoie par milliers dans nos ports. A la fabrique, cette laine est livrée au *triage,* opération qui consiste à séparer et à rassembler avec entente les fibres de différentes qualités ; puis elle traverse trois bains et passe sous les cylindres-comprimeurs du *léviathan.* C'est le lavage (pp. 31-36) qui doit enlever le *suint,* sécrétion huileuse dont les fibres animales sont toujours enduites.

Cependant la laine reste chargée de chardons, de gratterons et d'autres impuretés : l'*échardonnage* l'en débarrasse (pp. 37-40). L'introduction de l'*échardonneuse* détermina un progrès notable dans la préparation à la filature. Tandis que l'Italie, la France et l'Angleterre frappaient d'ostracisme le nouvel appareil, la Belgique l'adopta avec un judicieux discernement, et c'est grâce à cette machine qu'elle a pu acquérir le monopole sur les marchés de l'Amérique du Sud.

L'auteur a observé dans sa pratique journalière qu'il est avantageux d'ouvrir les matières textiles sur un *brisoir*, avant de les livrer à l'échardonneuse. Dans le fait, cette précaution facile permet de procéder ensuite à un nettoyage plus intime, et partant de diminuer les déchets.

Nous sommes surpris que M. Levaux ne parle pas ici de l'*épaillage*, dont l'échardonnage même a provoqué les essais : pourtant cette opération est devenue une branche d'industrie très lucrative et qui occupe beaucoup d'ouvriers. Les déchets retiennent des filaments laineux que l'industriel devait autrefois abandonner bien à regret. On fit appel à la chimie. Au moyen de procédés délicats, on attaqua directement les corps étrangers, on parvint à les détruire et on sauva ainsi les quelques brins de matière textile qu'emportait chaque bourre. Grâce à l'*épaillage*, les déchets de l'échardonneuse atteignent aujourd'hui une valeur de 75 centimes par kilogramme, et donnent des fils qui se vendent jusqu'à 400 francs le quintal métrique.

Après l'échardonnage, le graissage (pp. 41-44) vient rendre les fibres de la laine plus lisses et les dispose à glisser sans accident l'une contre l'autre pendant l'étirage. Une machine ingénieuse, l'*ensimeur*, exécute ici un double travail : elle écourte les fibres trop longues, et ouvre les parties feutrées de la laine de façon à ce que la matière grasse puisse se distribuer partout d'une manière bien égale.

Mais entre les manipulations qui préparent la laine à la filature, le *cardage* est, sans contredit, la plus importante (pp. 45-63).

" La laine ne présente qu'un assemblage irrégulier de flocons, de densité et de texture inégales, qu'il serait impossible de transformer en un fil fin et uni, si l'industriel n'avait soin d'en démêler les filaments pour leur donner la direction et l'homogénéité convenables et leur faire prendre la forme de *rubans*. „

Tel est l'effet du cardage.

De cette opération dépendent la finesse et l'égalité des tissus ainsi que la beauté des étoffes ; voilà pourquoi la fabrication des *cardes* exige un outillage si parfait; voilà pourquoi il a fallu un puissant esprit d'invention pour arriver, à travers mille difficultés, aux machines admirables que notre industrie possède.

L'auteur des *Études* s'appesantit sur la question de la largeur du *travail* dans les machines à carder, question grave qui préoccupe vivement les fabricants : c'est l'éternel problème

d'une parcimonie outrée qui voudrait se passer des bras de l'homme et produire beaucoup avec peu d'engins et sans grands frais.

La laine convertie en *rubans continus* et en *fil frotté* est devenue propre au *filage* (pp. 63-72). On le sait, le " moulin à filer „ a son histoire, une histoire quelque peu dramatique à son début, mais qui se rattache plutôt à l'industrie cotonnière. Aussi M. Levaux ne décrit-il ici que les applications du " moulin „ au traitement de la laine, depuis la *Jeannette* et le *mull-Jenny* jusqu'aux magnifiques *self-actings* et aux *métiers Sykes*. A son avis, le métier Sykes présente de grands avantages pour la chaîne des laines communes; le *self-acting* Whiteley est préférable pour leur trame, et les machines Houget l'emportent à tous égards pour la filature des laines fines.

Avant le *tissage*, quatre opérations doivent *ourdir* les fils en leur donnant la longueur et la croisure, *encoller* la chaîne afin de la rendre résistante, la *sécher* à l'air ou à la vapeur, et enfin l'*ensoupler* avec une parfaite régularité (pp. 68-72).

Le *métier à tisser* (pp. 73-80) est la plus ancienne des machines : son emploi remonte aux temps fabuleux. Les Germains se sont servis du métier vertical; les Grecs et les Romains préféraient le métier horizontal.

Pendant de longs siècles, l'appareil n'a guère subi de transformation. Ce n'est qu'en 1787 que Cartwright conçut l'idée du *power-loom*. Treize ans plus tard, Joseph Jacquart, de Lyon, s'illustrait par l'invention du métier qui porte son nom. L'ancien métier a été enfin écarté par le *métier mécanique*, dont la marche et le travail sont absolument irréprochables.

Si la pièce de drap qui descend du métier a des *nœuds*, des *doubles*, des clairures ou d'autres défauts, c'est aux *brucelles* de la *nopeuse* à les corriger.

Le chapitre IX traite du foulage (pp. 80-90). Les anciens ont possédé le secret de cet art : des peintures et des fresques de Pompéi représentent des ouvriers, jambes nues jusqu'aux jarrets, foulant des tissus étendus sur le sol.

Le travail du foulon comprend le *dégraissage*, qui purge le drap de l'huile et de la colle dont ses fibres restent imbibées, et le *feutrage* par l'action de la chaleur et d'un savon spécial. L'appareil connu sous le nom de *polka* exécute mécaniquement cette dernière manipulation.

Sous les pilons et les cylindres de la foulerie, les filaments du tissu se sont recourbés et contractés ; il est donc nécessaire de

les redresser et de former à la surface de l'étoffe un duvet régulier qui cache la croisure. Jadis cette opération, ou *lainage* (pp. 91-98), s'exécutait à la main, à l'aide de têtes de chardons.

En 1806, un Belge, François Faux, s'avisa d'attacher les chardons sur des cadres fixés à un large tambour. L'idée fit son chemin, et nous la retrouvons à peine modifiée dans le système des " tambours doubles à travail automatique sur poil et contre-poil „, avec cette différence toutefois qu'une seule machine actuelle, desservie par un *laineur,* fait l'ouvrage de dix appareils primitifs conduits par vingt hommes !

Le *tondage* se combine avec le lainage et rend la surface du drap unie et brillante (pp. 99-104). Au lieu des antiques *forces,* l'apprêteur emploie des lames montées en spirale sur un cylindre qui effleure une autre lame droite et fixe.

Il ne reste plus alors qu'à *décatir* le drap pour compléter sa " toilette „. Le procédé est simple : on roule la pièce sur un cylindre en cuivre, perforé de petits trous et creux à l'intérieur ; un jet de vapeur est lancé dans ce cylindre et, s'échappant par les trous, va traverser l'épaisseur du tissu. Grâce à cette précaution, l'étoffe n'aura plus à souffrir des agents extérieurs, et elle pourra affronter pluie et soleil, sans rien perdre de son lustre ni de sa fraîcheur.

Voilà un exposé rapide de la nature et de l'ordre des opérations qui convertissent la laine des toisons en drap de bonne vente. Chacune de ces manipulations fournit à M. Levaux la matière d'un article spécial dans lequel il reconstitue, pour ainsi dire, la genèse de chaque appareil, remontant à sa forme la plus rudimentaire et passant par le détail des changements successifs qu'y ont apportés la science mécanique et l'expérience.

Le tome II des *Études* est consacré à l'*Industrie cotonnière.* A l'entrée du volume (pp. 1-30), nous trouvons des données pleines d'intérêt sur la manufacture du coton à tous les âges de son histoire.

La fabrication des toiles fut connue en Asie de longs siècles avant de pénétrer en Europe. Les tissus arrivaient de l'Inde sous forme de calicot et de mousseline, et déjà teints par impression. Le coton en laine, provenant de Smyrne et de l'île de Chypre, était préparé et filé à la main dans les campagnes de Belgique, d'Angleterre et de Normandie, en Suisse et dans les Vosges. L'établissement des premières manufactures en Occident date du XIV^e^ siècle. Cependant les traces les plus lointaines

de l'emploi du coton en France ne remontent qu'à 1534. C'est plus tard encore que la Grande-Bretagne ouvrit des fabriques à la nouvelle industrie. Plusieurs souverains favorisèrent ses progrès, et le Parlement édicta des lois sévères pour protéger les produits indigènes contre la concurrence du dehors.

Ainsi, tandis que les filateurs du continent se bornaient à employer les tissus de l'Inde, les Anglais s'interdisaient même la faculté d'acheter dans leurs propres colonies. C'est ce qui plaça bientôt les Iles Britanniques au tout premier rang de puissance industrielle.

L'ouvrage sur l'*Industrie cotonnière* se divise en deux parties, qui étudient la *Filature* (pp. 31-183) et la *Teinturerie* du coton (pp. 185-400).

La 1re partie nous fait connaître le coton et sa culture (pp. 31-36). Le coton est une espèce de bourre végétale, en filaments ténus et soyeux, qui enveloppe les graines du " cotonnier „. La cueillette commence en août et finit aux gelées. Jusqu'à sa maturité, le coton est renfermé dans une capsule; il s'étend sous l'action du soleil, la capsule s'ouvre et livre plusieurs petites graines noires dont le *moulinage* sépare les fibres textiles.

Le cotonnier croît dans les régions tropicales, et aime le rivage de la mer. Après avoir discuté la valeur des *diverses qualités des cotons* (pp. 37-46) suivant le genre des tissus à fabriquer, l'auteur insiste sur l'importance de la *préparation à la filature* (pp. 47-74); puis il décrit l'organisation de l'atelier du nettoyage et de l'atelier des mélanges où le coton est ouvert, égrené, battu et mis en matelas réguliers.

S'il semble indifférent que les fibres de certaines matières textiles soient disposées parallèlement ou restent mêlées, pour le coton la position parallèle des fibres est de rigueur. C'est ce qui explique les soins minutieux que les filateurs apportent au *cardage* (pp. 75-106); c'est aussi ce qui a provoqué la construction de tant de machines à carder. M. Levaux examine une à une les plus récentes inventions, et il justifie sa préférence pour les " cardes combinées à cylindres et à chapeaux, et à chapeaux tournants „.

L'opération du cardage précède immédiatement la filature. Jusqu'au XVIe siècle, le coton fut filé à la main, puis le rouet remplaça la quenouille. Vers le milieu du XVIIIe siècle, un Anglais, Thomas Highs, imagina un appareil " capable, pensait-il, de remplacer cinquante fileuses „. Il s'associa l'horloger Kay, son ami, et travailla avec lui en cachette.

Malheureusement, sa fille Jenny trahit le secret. Les ouvriers

de Leigh mécontents s'attroupèrent devant l'atelier et menacèrent les innovateurs. Le péril était grand. Kay s'enfuit, et Highs, découragé, détruisit son œuvre. Plus tard, cependant, il la reconstitua dans le fond de sa demeure, loin de tout regard ; sur le point de mourir, il manda Kay et lui légua son invention, à condition que la machine serait baptisée du nom de sa fille Jenny. Richard Arkwright, barbier à Preston, entendit raconter ces faits, et songea immédiatement à s'approprier l'œuvre de Thomas Highs. Il fit si bien qu'en 1772 l'exploitation de la *Spinning-Jenny* lui était exclusivement réservée par un brevet.

Rectifions ici une erreur qui a cours en Belgique et qui fait du gantois Liévin Bauwens l'inventeur du métier à filer. Bauwens se contenta d'apporter sur le continent, à travers mille dangers et au risque de sa vie, le " moulin anglais „ ; il l'offrit en cadeau à Napoléon Ier, et fut autorisé à installer en France la première filature mécanique.

M. Levaux a développé la question de la *filature du coton* (pp. 107-144) avec toute l'autorité qui lui vient de sa longue pratique; il passera plus rapidement sur l'explication du *numérotage des fils* (pp. 145-149) et sur les procédés de *tissage* (pp. 149-158) que l'*Industrie lainière* nous a fait connaître. Un chapitre spécial est consacré au *développement de l'industrie cotonnière* (pp. 159-183) : il donne des statistiques du plus haut intérêt. Nous y lisons que la Belgique travaille avec 1 000 000 de broches environ, chiffre très élevé eu égard à la petitesse du pays et à l'exiguïté de ses débouchés. La France n'en compte que 5 000 000.

En Angleterre, les manufactures de coton emploient autant de capitaux et occupent autant de bras que toutes les autres branches d'industrie ensemble. Le nombre des fabriques s'y élève à près de 8000, travaillant sur 800 000 métiers mécaniques avec 40 000 000 de broches.

La seconde partie du volume étudie les principes et les opérations de la teinturerie (pp. 185-400) : c'est la partie la plus savamment traitée. Il suffit de considérer les variétés infinies de nuances, le nombre des matières tinctoriales et leurs degrés de fixité, de volatilité ou de solubilité, pour se figurer la somme de connaissances et l'expérience qui sont de rigueur chez le chef d'une teinturerie. C'est donc un service marquant que vient rendre aux praticiens le livre qui leur enseigne les leçons d'une science éprouvée et tous les secrets du métier.

Les limites de cet article ne nous permettent pas d'entrer,

avec M. Levaux pour guide, dans tous les détails de l'*organisation des ateliers de teinture,* ni de nous familiariser avec les procédés du *décreusage* et du *blanchiment,* ni d'assister au *montage des cuves* et au traitement de leurs maladies. C'est bien à regret également que nous ne faisons que signaler le magnifique traité des *mordants et des bains colorants* (pp. 228-270).

Les chapitres XXII et XXIII expliquent les procédés pour donner au coton la couleur rouge *petit teint, bon teint* et *grand teint* (pp. 270-284), et pour créer le *rouge turc* si éclatant et si solide (pp. 284-305).

Les couleurs jaunes, les tons fauves, le noir " grand teint „, les nuances aurore, bois, bronze, amarante, brun de café ou de muscade, etc., etc. (pp. 306-330), font tour à tour l'objet d'une analyse soigneuse et toute en vue de la pratique.

Pour être complet, l'auteur nous parle aussi de la *teinture par impression sur les tissus de coton* (pp. 347-378), manipulation importante pour la fixation des dessins colorés sur une étoffe. L'impression, que nous voudrions appeler " teinture locale „, repose sur les mêmes principes que la teinture proprement dite (1), mais elle offre plus de difficultés à l'industrie. L'art de faire des *indiennes* a été importé de l'Orient au XVII^e^ siècle avec son outillage et ses lois. Il prit un rapide essor en Europe.

Chose étrange! chaque peuple a encore sa méthode d'imprimer les couleurs. Les Indiens cousent de petits nœuds dans la toile de façon à ce que la couleur ne touche pas le point où le fil serre. Dans l'Indo-Chine et en Malaisie, les indigènes imprègnent le coton de résine aux endroits à réserver; après la teinture, ils font bouillir le tissu dans une lessive de cendres qui enlève la résine. Les Chinois recourent aux mordants, et les Japonais à une réaction par la vapeur d'eau.

L'Europe imprime de préférence avec des agents chimiques, par la méthode du *réservage* ou celle de l'*enlevage* dont M. Levaux développe les formules.

Quant aux *couleurs d'application* elles-mêmes, la vogue appartient aujourd'hui aux " couleurs-vapeur „ : ce mode a été adopté par les fabricants d'indiennes à cause de sa simplicité, car la vaporisation permet de fixer par une seule opération toutes les nuances d'un dessin.

(1) L'auteur a dévoilé ses meilleures recettes dans son *Traité de teinture sur laine et sur étoffes de laine.* Vol. in-8° elzévirien de 300 pp. Liége, Jacques Godenne, éditeur. 1891.

Avant de quitter les ateliers pour être livré à la vente, le coton a encore à subir le *flambage* (pp. 379-389) et, comme la laine, à recevoir un apprêt (pp. 390-400) qui le rend brillant, souple et moelleux et lui *donne de la main*.

Les tomes III et IV des *Études sur la manipulation des matières textiles* sont en cours d'impression : ils étudient le traitement technique de la *soie* et du *lin*, et sont destinés, dans la pensée de l'auteur, à servir de guide pratique et de *vade-mecum* aux directeurs de filature.

J. L.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES

GÉOLOGIE ET MINÉRALOGIE

Reproduction artificielle d'un trachyte micacé. — Dans des expériences précédentes, MM. Fouqué et Michel Lévy (1) ont reproduit par fusion ignée, sans pression, beaucoup de roches éruptives, mais jusqu'ici ils n'étaient pas parvenus à reproduire des roches acides. Les expériences de Sénarmont, Daubrée et Friedel ayant prouvé que les minéraux de ces roches acides ne se reproduisent que par l'action de la chaleur et de l'eau sous pression, MM. Fouqué et Michel Lévy ont voulu tenter de nouvelles expériences. Une difficulté se présentait dans ces expériences : il fallait avoir un métal conservant une certaine résistance au rouge vif. Les expérimentateurs sont parvenus à la vaincre en employant un creuset de platine à 10 p. c. d'iridium. Ils ont procédé à deux expériences en opérant sur du granite de Vire fondu et pulvérisé, en présence de l'eau. La première

(1) *Comptes rendus Acad. des sciences de Paris,* 1891.

expérience a duré quinze jours. On a obtenu une masse de grains de verre agglutinés et entourés d'une substance blanche cristalline. Dans le ciment qui réunit les grains et dans le centre de ceux-ci, on trouve de nombreuses lamelles d'orthose, et au centre des grains de spinelle et de la magnétite.

Dans la seconde expérience, qui a duré un mois, les résultats sont plus complets. On a obtenu une roche homogène bulleuse. En plaques minces, on y remarque des traînées à grands cristaux. Les trois minéraux reconnus sont les spinelles en octaèdres, des lamelles de mica noir et de l'orthose avec macle de Carlsbad fréquente. C'est donc un trachyte micacé.

Pluie de pierrailles calcaires dans le département de l'Aube. — A la suite d'un violent orage, on a constaté à Pel-et-Der (Aube) que les champs étaient sur une certaine étendue couverts de pierrailles arrondies, de 26^{mm} sur 35^{mm}, un peu aplaties comme des galets. Elles sont d'un blanc crayeux à l'intérieur et présentent de nombreuses tubulures. M. Stanislas Meunier (1), qui les a examinées, a reconnu que c'était du calcaire, et qu'il dégageait une odeur bitumineuse par l'attaque aux acides. Ces pierrailles ne peuvent provenir de la localité, où le sous-sol est formé de craie recouverte d'alluvions épaisses. M. Meunier croit qu'on doit les rapporter au travertin connu sous le nom de calcaire de Château-Landon (Seine-et-Marne), qui présente exactement les mêmes caractères et la même composition chimique. Or Pel-et-Der est à 150 kilomètres du gisement le plus rapproché de ce travertin.

Formation actuelle de minéraux sulfurés. — On a déjà plusieurs fois décrit la production de sulfures sous l'influence d'eaux minérales sulfurées. M. Chuard (2) décrit un cas de production de sulfure dans des conditions encore plus simples et sans l'intervention d'eaux minérales. En examinant les instruments en bronze provenant des palafittes des lacs suisses, il a reconnu que les outils qui avaient été trouvés plongés dans la vase étaient recouverts d'une croûte brillante jaunâtre qui à l'analyse s'est montrée être de la pyrite cuivreuse stannifère. Or la vase des lacs est riche en matières organiques (4 p. c.). On

(1) *Comptes rendus Acad. des sciences de Paris*, 1891.
(2) *Ibidem*, 1891.

voit donc que ces sulfures peuvent se produire dans des conditions très simples de composition, de pression et de température.

Coquilles tertiaires dans un tuf volcanique du Limbourg. — Dès 1870, M. Bleicher avait reconnu de nombreux végétaux dans les tufs associés à la fameuse roche du Kaizerstuhl à laquelle M. Rosenbusch a donné le nom de limburgite et qu'il regarde comme d'âge tertiaire. Malheureusement ces végétaux étaient indéterminables. Plus récemment, M. Bleicher (1) a trouvé dans un de ces tufs de nombreuses coquilles terrestres tertiaires. Ainsi se trouve confirmée l'hypothèse de M. Rosenbusch au sujet de l'âge de la limburgite.

Dépôts siliceux aurifères d'anciennes sources minérales (2). — Il existe dans le Queensland une mine d'or extrêmement riche, que M. Jack a reconnue comme étant un dépôt d'anciennes sources siliceuses. Ces dépôts recouvrent la colline appelée " Mount-Morgan „. Ils constituent une cheminée au centre de la colline et recouvrent le sommet et les flancs de la colline d'une sorte de manteau. Le massif rocheux de la colline est formé de quartzites gris-bleus du permo-carbonifère traverses par de nombreux dykes de roches éruptives : rhyolithe, diorite, etc., dont l'un s'étend même jusque dans le dépôt siliceux. Les filons aurifères sont nombreux dans ces quartzites. Le dépôt siliceux se présente comme une matière claire, spongieuse et bulleuse, flottant sur l'eau. Elle est stérile sur les flancs de la colline, mais au sommet et dans le noyau central elle renferme jusque 169 onces d'or à la tonne. Dans ces dernières places elle est associée à de l'hématite souvent en stalactite, qui prouve bien l'origine aqueuse du dépôt. Des échantillons de ce dépôt siliceux ont été envoyés à M. Weed qui, depuis de nombreuses années, étudie pour le *Geological Survey* des États-Unis les fameux geysers et leurs dépôts dans le Parc National du Yellowstone, et qui a par conséquent une compétence spéciale. Par l'étude au microscope, M. Weed a reconnu que ce n'est pas une ponce, mais bien un dépôt de source thermale, quoiqu'il ne connaisse dans le Parc aucun dépôt absolument semblable. Sa composition chimique est d'ailleurs presque identique à celle de certains dépôts

(1) *Comptes rendus Acad. des sciences de Paris*, 1891.
(2) *American Journal of Science and Arts*, 1891 (septembre).

siliceux du Parc. Malgré de longues recherches, on n'a jamais rencontré dans ce dernier la moindre trace de métaux précieux.

Origine du pétrole. — Dans un travail lu récemment (1), M. Ross revient sur les théories en cours sur l'origine du pétrole. La plus généralement admise est qu'il provient de la décomposition d'animaux, de poissons spécialement. M. Ross ne peut se rallier à cette hypothèse, vu que la décomposition de poissons ne peut pas donner naissance à une huile renfermant de la paraffine. Or c'est généralement le cas pour le pétrole ; et comme il est peu probable qu'il n'en ait pas toujours été ainsi, c'est-à-dire que la décomposition des poissons ait jamais pu fournir d'huile à paraffine, M. Ross croit devoir exposer une autre hypothèse. Il examine d'abord les conditions dans lesquelles se trouve le pétrole. On le rencontre toujours au voisinage de calcaires, de gypse, d'eau salée et de manifestations volcaniques. Le pétrole se compose surtout de carbone ; or les calcaires en renferment jusque 12 p. c., et ils sont en masses si puissantes et si répandues que la quantité totale de carbone qu'ils renferment est réellement prodigieuse et peut amplement fournir ce constituant important du pétrole. M. Ross constate également qu'en faisant agir sur du calcaire les produits gazeux les plus répandus des volcans, l'acide sulfureux et l'acide sulfhydrique, on obtient, en variant les proportions, tantôt l'éthylène et ses homologues, qui sont les huiles de Bakou, et tantôt le gaz des marais et ses homologues, les huiles d'Amérique. Le calcaire se transforme en outre en gypse. On obtient les mêmes résultats en opérant avec de la vapeur d'eau et de l'acide sulfhydrique, mélange très répandu dans les volcans. Les pétroles formés par cette réaction tantôt se seraient accumulés en des cavités creusées par les eaux dans les calcaires, tantôt ils auraient imprégné des roches massives, grès, calcaires ou schistes, en produisant ces roches bitumineuses qui sont si répandues dans les étages géologiques.

Age de la formation des Cordillères. — Depuis que Humbold l'a fait pour la première fois bien connaître, la chaîne des Cordillères passe avec raison pour le type le plus remarquable des chaînes de montagne. C'est en effet la plus longue (3000 lieues) et la plus régulière en direction que l'on connaisse,

(1) *Report of the Britisch Association. Cardiff Meeting,* août 1891.

et elle joue dans la structure de l'Amérique un rôle capital, puisqu'elle en constitue réellement l'épine dorsale. Or M. Howorth (1) remarque que, sur presque toute la longueur de cette chaîne, on ne rencontre que des traces d'actions glaciaires et qu'on y voit en effet peu ou point de cailloux et de roches striées, de rochers moutonnés. Dans l'Amérique du Sud, des deux côtés de la Cordillère, on ne remarque pas ces innombrables cailloux que les glaciers ont coutume d'entraîner dans les plaines situées au pied des montagnes qu'ils recouvrent.

Il y a en effet dans les plaines du Brésil et de la Plata des espaces de plusieurs milliers de kilomètres carrés où une pierre est une rareté. Dans l'Amérique du Nord, on constate la même absence de manifestations glaciaires dans les chaînes des Montagnes Rocheuses proprement dites. C'est ce qui est unanimement attesté par MM. Clarence King, Whitney, Whright, Dawson, Gilbert, qui n'ont pu y découvrir que quelques rares exceptions locales. Et pourtant les traces de glaciers ne sont pas rares dans l'Amérique du Nord, tant à l'est qu'à l'ouest des Rocheuses proprement dites. On trouve même dans la région des grands lacs les plus gigantesques manifestations de glaciers qui existent, sous forme de moraines, blocs striés, etc.

Quelle peut donc être l'explication de ce phénomène? M. Howorth croit que non seulement les Cordillères sont, comme le dit Élie de Beaumont, les montagnes les plus récentes du globe, mais qu'elles sont même postérieures à la période glaciaire. Elles auraient pris naissance dans les bouleversements qui mirent fin à la période du Mammouth. Ce qui le prouve bien, c'est que, contrairement à toute attente, les Rocheuses ne constituent pas une frontière zoologique. Pour ne citer qu'un fait, le Mastodon se retrouve, dans l'Amérique du Sud, des deux côtés de la Cordillère. Il est pourtant peu probable que cet animal qui se nourrit d'arbres ait pu traverser les arides sommets de la Cordillère. Les restes de ces animaux se retrouvent d'ailleurs à des hauteurs de 2500 mètres et plus, là où il leur serait certes difficile de vivre. Il est également un fait remarquable à citer, c'est celui de la vaste extension du dépôt appelé " loess ou boue des Pampas „. Il recouvre indistinctement les plaines basses, les plateaux et les vallées élevées de 2500 mètres. Or ce dépôt, qui se montre comme un produit manifeste de sédimentation par les eaux, comment admettre qu'il ait été formé à des hauteurs si

(1) *Geological Magazine*, 1891.

diverses? N'est-il pas nécessaire d'admettre plutôt que tous ces points recouverts d'une même formation ont été primitivement à un niveau sensiblement égal? On peut donc, remarque M. Howorth, dire après d'Orbigny : " il y a eu parfaite coïncidence entre le soulèvement des Cordillères, la disparition des grands mammifères et le dépôt de boue des Pampas. „ Ce soulèvement est certainement post-tertiaire.

L'éocène et l'oligocène du bassin de Paris. — Dans un travail assez étendu (1), MM. Harris et Burrows étudient les formations tertiaires du bassin de Paris dans le but de contribuer à la synchronisation des formations analogues de l'Angleterre. Ils décrivent d'abord les faits stratigraphiques les plus importants au moyen de coupes levées dans les localités les plus caractéristiques. Les fossiles ont toujours été le grand moyen d'établir des rapprochements entre dépôts tertiaires, à cause de leur grand nombre et de leur vaste répartition. Aussi la partie la plus développée et de beaucoup la plus intéressante du travail de MM. Harris et Burrows est-elle une liste de fossiles tertiaires du bassin de Paris. Elle ne comprend pas moins de 3500 fossiles, et les auteurs ont eu recours pour la dresser aux collections de Deshayes, Cossmann et nombre d'autres. Cette liste, qui a dû nécessiter un travail considérable de compilation et de critique, sera très précieuse à tous ceux qui s'occupent des terrains tertiaires.

Considérations nouvelles sur l'origine de l'ambre jaune. — A la suite de l'étude d'une belle collection d'ambres provenant de Sicile, M. Bombicci (2) discute l'origine et la nature de cette matière. Il croit que le véritable ambre jaune doit être une matière bitumineuse provenant d'une lente altération chimique d'hydrocarbures produits par la sécrétion ou la fossilisation de plantes. Il constate également que l'on comprend sous le nom d'ambre des produits très divers d'origine et de composition. Parmi ces produits, on remarque d'une part des résines de conifères faiblement transformées et, d'autre part, des ambres devenus bitumineux, sulfureux, fluorescents, riches en acide succinique.

Poudingue d'origine endogène. — M. Cacciamali (3) a observé à Montecassino un calcaire crétacé à stratification régu-

(1) *Proceedings of the Geologist Association*, 1891.
(2) *Mem. Acc. Instit. Bologna*, s. IV, t. X.
(3) *Riv. di Scienze natur. Siena*, t. X.

lière, compact, quelquefois à texture arénacée, quelquefois bréchiforme. Il a également observé un poudingue interstratifié régulièrement dans les couches de calcaire. Le poudingue est peu cohérent et, chose curieuse, est formé de fragments des calcaires encaissants, fragments parfaitement arrondis. Pour expliquer ce fait, M. Cacciamali suppose que des mouvements ont fracturé des bancs de calcaire en quelques places et que les fragments ainsi produits ont été arrondis par la circulation d'eau dissolvante.

Reste à savoir si l'on ne peut pas admettre avec plus de vraisemblance que le banc de poudingue est bien sédimentaire et formé aux dépens d'un calcaire qui se serait consolidé immédiatement après son dépôt.

Présence du dévonien en Calabre. — Les terrains paléozoïques sont, comme on sait, très rares en Italie, surtout dans la partie méridionale, à l'exception du permien bien connu de la Sicile.

L'ingénieur Cortese a trouvé un trilobite dans des schistes peu puissants, brun-violets, luisants, passant au calschiste noduleux. Ce trilobite, que M. Cortese a trouvé près de Stilo, est le *Phacops lævis* du dévonien supérieur (1).

Plissement des couches au voisinage des fractures.—On a déjà maintes fois cité des couches se recourbant au voisinage de failles ou de crevasses métallifères. Dans ce dernier cas, les observations ne sont pas malheureusement aussi nombreuses qu'elles devraient l'être. Les exploitants s'en inquiètent très peu et, d'autre part, l'étude n'est pas toujours facile lorsque les roches sont identiques des deux côtés de la fente. Dans le nord de l'Angleterre, dans les formations plombifères, les strates sont minces et de compositions diverses, c'est ce qui a permis à M. Burns (2) de faire une étude plus approfondie de la question. Il a reconnu quatre cas : 1° Il y a fracture sans plissement des roches avoisinantes; 2° Les couches se replient dans le même sens vers le haut contre la fracture; 3° En considérant les deux lèvres de la faille dont l'une s'est abaissée et l'autre s'est relevée, dans la première les couches se reploient vers le haut et dans la seconde elles se reploient vers le bas; 4° Le reploiement des couches se fait en sens inverse.

(1) *Boll. del Comitato geologico d'Italia,* Serie 3, t. I.
(2) *Transact. of the North of England Instit. of Engineers,* 1891.

Pour expliquer ces différents phénomènes, M. Burns recourt à l'intervention de la contraction de l'écorce terrestre et à des fluides internes sous pression. Le premier facteur suffit amplement, comme on l'admet aujourd'hui, à expliquer ces apparences.

Voici comment M. Burns explique les quatre phénomènes. 1er cas. Une des lèvres de la faille s'est abaissée librement et en masse par rapport à l'autre. Elle n'exerce donc aucune pression sur celle-ci et les couches conservent leur inclinaison normale. 2e cas. Un fluide interne à haute pression s'est fait jour vers le haut par une fracture en refoulant devant lui la tranche des couches. Il est bien plus simple et plus naturel d'admettre que le reploiement s'est fait par le frottement mutuel des deux lèvres de la fente s'effondrant en basculant chacune autour d'un point qui reste fixe. 3e cas. C'est le plus général, et M. Burns l'explique très bien. Une des lèvres de la faille basculant autour d'un point fixe s'effondre, alors que l'autre lèvre reste tout entière fixe. La lèvre qui s'effondre, en frottant sur la lèvre fixe, force ses propres couches à se replier vers le haut et celles de la lèvre fixe vers le bas. 4e cas. Il est beaucoup plus rare; M. Burns le regarde à tort comme difficile à éclaircir et recourt à l'intervention de fluides internes pour l'expliquer. Il est pourtant aisé de voir que c'est la contre-partie du cas précédent. Une lèvre de la faille restant fixe, l'autre bascule autour d'un point fixe et se relève par rapport à l'autre. Par le frottement qu'elle produit, ses couches restent en arrière sur la tranche et se reploient vers le bas tandis que, dans la partie fixe, la tranche entraînée par le frottement de la partie mobile se reploie vers le haut.

Action de la calcite sur le sulfate ferreux. — Il existe de nombreux dépôts de minerais de fer dont l'origine est nettement sédimentaire. M. Cesaro (1) s'est demandé quel avait été le réactif qui avait causé la précipitation de ce fer. Il a reconnu que le carbonate de chaux, corps très répandu dans la nature, agit à froid sur une solution ferrique et en précipite de l'hydroxyde de fer. Le précipité et les fragments de carbonate de chaux, voyageant par suite du dégagement des gaz, finissent par prendre une forme globulaire. Ce dernier fait est très intéressant, car les minerais de fer en couche présentent presque toujours cette forme. Les conditions très simples requises pour la production du phénomène doivent être fréquemment

(1) *Annales Soc. géologique de Belgique.* 1891.

réalisées dans la nature, les sources ferreuses et le carbonate de chaux étant très repandus. Dans d'autres expériences, M. Cesaro a reconnu que, par l'action lente de la craie sur des solutions de sulfate ferreux, il y a production de beaux cristaux de gypse et d'oolithes de calcite ferrifère.

En opérant sur des solutions ferreuses très étendues, la craie se transforme en oolithes ferrugineuses. Or dans la limonite oolithique du bajocien de Mont-Saint-Martin, on a renseigné jusque 1,75 p. c. de gypse, et ces minerais sont en relation avec des calcaires oolithiques, fait d'ailleurs fréquent.

Découverte d'un caillou de schiste à paragonite du Gothard en Belgique. — M. Delvaux (1) signale la découverte d'un caillou remarquable dans la vallée du Démer. Ce caillou, qui a été étudié par MM. de Koninck et Renard, a été reconnu comme un fragment de schiste à paragonite. Or, on ne connaît, en Europe du moins, qu'un gisement de cette roche, c'est dans le massif du Saint-Gothard.

Formation de la barytine de Rumelange. — M. Cesaro (2) ayant examiné des cristaux de barytine trouvés dans une ammonite de la limonite oolithique de Rumelange, a reconnu que la barytine avait été formée après la calcite et que la présence de celle-ci exclut la possibilité d'avoir recours à la présence d'une solution acide qui aurait seule été capable de dissoudre la barytine. La barytine n'a donc pu prendre naissance que par double décomposition, et il est à noter en plus qu'en même temps que la barytine, M. Cesaro a constaté la présence de sidérose cristallisée. Or, en faisant agir du sulfate ferreux sur du carbonate de baryte, on obtient du sulfate de baryte et de la sidérose.

La même réaction aurait pu se produire avec la calcite et donner naissance à du gypse et à de la sidérose ; mais le sulfate barytique étant infiniment moins soluble que le gypse, c'est lui qui se forme de préférence et la calcite reste intacte.

X. Stainier.

(1) *Annales Soc. géologique de Belgique.* 1891.
(2) *Ibid.*

CHIMIE.

L'acide azothydrique (1), découvert et étudié par M. Curtius de Kiel, doit être cité en première ligne parmi les récentes conquêtes de la chimie. Ce corps, de formule HN_3 et de structure moléculaire $H-N<^{N}_{N}$, est un liquide incolore très volatil. Il émet à la température ordinaire des vapeurs suffocantes et bout sans décomposition à 37°. A l'encontre de ce qu'on observe pour le gaz ammoniac H_3N, sa solution aqueuse est fortement acide, dégage de l'hydrogène au contact des métaux et donne, par substitution, des composés salins analogues aux chlorures. Ses sels les mieux connus jusqu'à présent sont les azotures d'ammonium $H_4N.N_3$, de sodium NaN_3, d'argent AgN_3, de mercurosum $Hg_2(N_3)_2$ et de plomb $Pb(N_3)_2$. Aussi bien que l'acide anhydre et sa solution aqueuse, ils constituent tous des explosifs redoutables et capricieux. Congénère du gaz ammoniac par sa composition qualitative, l'acide azothydrique se rattache par son origine aux dérivés du carbone. Il constitue donc un trait d'union nouveau entre la chimie minérale et la soi-disant chimie organique.

Vu l'importance et l'intérêt de la découverte, nous décrirons prochainement, avec plus de détails, l'acide azothydrique NH_3, l'hydrazine $NH_2—NH_2$ et, nous l'espérons, la triamide $NH_2—NH—NH_2$, non encore isolée jusqu'ici, mais activement poursuivie dans ses dérivés. Il nous semble plus à propos de ne pas séparer cette glorieuse triade des nouveaux hydrures d'azote, à laquelle restera attaché le nom de M. Curtius.

Le nickel-carbonyle. — Chauffé à 400° dans un tube à combustions, le nickel métallique très divisé décompose l'oxyde de carbone; de l'anhydride carbonique se dégage, et il reste dans l'appareil un composé fixe de carbone et de nickel.

Trois chimistes anglais, MM. J. Quincke, Ludwig Mond et Carl Langer (2) étudiaient cette réaction. Pour éviter la diffusion, dans le laboratoire, de l'excès du gaz toxique, ils plaçaient à

(1) *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft*, XXIII, 3023, 3472. — *Journal für praktische Chemie*, XLIII, 207.

(2) *Journal of Chemical Society*, 1890, LVII, 749.

l'extrémité du tube de dégagement un brûleur de Bunsen. Un jour que celui-ci était resté allumé pendant le refroidissement de l'appareil et que l'oxyde de carbone continuait à passer, la flamme s'illumina tout à coup, comme si des vapeurs métalliques eussent accompagné les gaz dégagés. Le phénomène se reproduisit dans les essais ultérieurs, toutes les fois que la température était inférieure à 50°. On chauffa l'extrémité du tube de dégagement, et il apparut en ce point un anneau brillant de nickel. La formation d'un nouveau composé métallique volatil décomposable par la chaleur était établie. Un refroidissement énergique permit de l'obtenir sous forme d'un liquide incolore, mobile, bouillant vers 46° et se solidifiant à —25°.

Voici, d'après les auteurs de la découverte, le procédé de préparation le plus pratique. On réduit de l'oxyde de nickel au moyen de l'hydrogène dans un large tube de verre chauffé à 400°; après refroidissement à 30°, on fait passer sur le nickel réduit un courant d'oxyde de carbone. Les gaz qui sortent de l'appareil, traversant un mélange réfrigérant de glace et de sel, abandonnent, à l'état liquide, la majeure partie du nickel-carbonyle formé. Après quelque temps, la réaction se ralentit; il suffit alors de chauffer le tube à 400° pour rendre au nickel son pouvoir d'absorption pour l'oxyde de carbone à basse température.

Porté à 180° dans un tube chauffé au moyen de la vapeur d'aniline, le nickel-carbonyle abandonne de l'oxyde de carbone et dépose du nickel parfaitement pur. La décomposition à chaud du liquide fournit donc le moyen de doser le métal; les proportions de carbone sont fixées par combustion du produit au moyen de l'oxyde de cuivre. On a trouvé ainsi 33,36 p. c. de nickel et 66,3 p. c. d'oxyde de carbone, ce qui conduit à la formule $Ni(CO)_4$, les quantités calculées d'après celle-ci étant 34,4 p. c. de nickel et 65,6 p. c. d'oxyde de carbone. L'excès de la quantité de gaz trouvée sur la quantité calculée serait dû à de l'oxyde de carbone resté dissous dans le liquide soumis à l'analyse.

Une autre série d'expériences faites sur le mélange gazeux à la sortie de l'appareil producteur confirme cette manière de voir.

De plus, la densité de vapeur, prise à 40° par la méthode de Meyer et trouvée égale à 6,01, s'écarte peu de la densité théorique 5,9 qu'exigerait la formule $Ni(CO)_4$.

Quant à la structure moléculaire du nickel-carbonyle, elle ne peut être établie que par des travaux ultérieurs.

M. Berthelot (1) a repris et complété les recherches de MM. Mond, Lang et Quincke sur le composé nouveau.

A la température ordinaire, le nickel-carbonyle est stable; il se conserve sans décomposition sur le mercure ou sous une couche d'eau dans un flacon bien rempli et exempt de toute trace d'air. L'air humide l'oxyde lentement et le transforme en des composés complexes mal connus jusqu'à présent. Mêlée d'oxygène ou d'air, et présentée à un corps en ignition, la vapeur de nickel-carbonyle brûle ou bien détone suivant les proportions. Si on agite vivement dans une éprouvette un mélange sec de vapeur et d'oxygène, la déflagration peut se produire même sans inflammation préalable.

Au contact de l'acide sulfurique concentré, le nickel-carbonyle exempt d'eau détone avec flamme après quelques instants. Sa vapeur, diluée d'azote et maintenue en présence du même acide, subit aussitôt une décomposition qui se poursuit pendant des heures. Quand elle est terminée, quatre volumes d'oxyde de carbone ont remplacé le volume du nickel-carbonyle:

$$Ni(CO)_4 = 4\,CO + Ni\,;$$

l'acide sulfurique est partiellement réduit et le nickel oxydé reste dissous.

Le gaz ammoniac mêlé d'oxygène, l'hydrogène phosphoré, le chlore et le brome détruisent le nickel-carbonyle.

L'oxyde azotique barbotant dans le produit liquide ou ajouté à sa vapeur détermine la formation de belles fumées bleues qui se déposent, mais qui reparaissent dès qu'on fait arriver une nouvelle dose d'oxyde azotique. Dans le mélange gazeux qui subsiste, il y a à la fois de l'oxyde azotique en excès, de l'oxyde de carbone et une combinaison nickelée gazeuse distincte du nickel-carbonyle. Si on y ajoute quelques bulles d'oxygène, le nickel se précipite sous la forme d'un nouveau composé bleu aussi caractéristique que le premier; un excès de ce gaz y produit au contraire des vapeurs nitreuses et d'épaisses fumées opaques.

Le fer-carbonyle. — On a essayé de faire avec d'autres métaux des composés analogues au nickel-carbonyle. Le cobalt, le cuivre et le platine n'ont rien donné dans une longue série d'expériences effectuées par les chimistes anglais à différentes

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, CXII, 1344 et CXIII, 679.

températures entre 15° et 750°. A l'origine, même insuccès pour le fer. Mais le 15 juin 1891, M. Berthelot annonçait à l'Académie des sciences qu'il avait obtenu une combinaison spéciale de fer et d'oxyde de carbone. A cette date, MM. Mond et Quincke avaient réussi aussi de leur côté, ainsi que le prouve leur communication faite le 18 juin à la Société de Chimie de Londres (1).

Quand, au moyen de l'hydrogène, on réduit lentement et à la plus basse température possible de l'hydroxyde ferrique précipité sec ou bien de l'oxalate ferreux, déjà partiellement décomposé par la chaleur, il reste du fer très divisé, le *fer pyrophorique* bien connu. M. Berthelot le trouva apte à se combiner directement avec l'oxyde de carbone, surtout vers 45°. Ce gaz amené au contact de la poudre métallique se fixa en partie. L'excès se dégagea en entraînant une vapeur ferrugineuse. Après avoir lavé ce mélange à l'eau pure, on le fit passer dans un tube effilé à la pointe duquel on l'enflamma. Sa combustion jeta un éclat blanchâtre bien plus vif que celui de l'oxyde de carbone, et donna un spectre caractéristique. On écrasa la flamme au moyen d'une soucoupe de porcelaine, puis on dirigea le gaz à travers un tube de verre étroit chauffé au rouge; on obtint des taches ou des anneaux métalliques donnant les réactions du fer. Conservé dans des flacons en partie remplis d'eau aérée, le mélange gazeux éprouva une oxydation lente qui, au bout de quelques jours, en sépara le fer sous forme de sesquioxyde.

MM. Mond et Quincke ont également produit du fer-carbonyle au moyen du fer divisé obtenu par réduction de l'oxalate à 400°. Ils ont constaté que le mélange gazeux brûle encore avec une flamme jaune pâle, même après avoir été conservé froid pendant plusieurs jours. L'anneau métallique de fer ne se dépose dans le tube abducteur que si on chauffe celui-ci entre 200° et 350°. A une température plus élevée, il apparaît des flocons noirs qui renferment jusqu'à 80 p. c. de carbone.

Le fer-carbonyle se forme en quantités très faibles. M. Berthelot n'a pas réussi à le condenser séparément. MM. Quincke et Mond ont, pendant six semaines, maintenu à 80°, dans un courant d'oxyde de carbone, 12 grammes de fer réduit. Au bout de ce temps, il ne s'était volatilisé que 2 grammes de fer, soit environ 0,001 gramme par heure, malgré le soin qu'ils avaient pris de revivifier la poudre métallique de six en six heures, en la

(1) *Berichte*, XXIV, 2248.

chauffant, pendant vingt minutes vers 400° dans un courant d'hydrogène. Il est donc impossible d'étudier le nouveau produit.

Si on lave à l'acide sulfurique concentré l'oxyde de carbone chargé de vapeurs ferrugineuses, celles-ci sont retenues ; mais la solution se décompose spontanément. Le fer-carbonyle est un peu soluble dans les hydrocarbures, la benzine et les pétroles lourds. D'après l'analyse approximative faite au moyen de sa solution dans l'huile de pétrole bouillant entre 250° et 300°, il correspond probablement à la formule $Fe(CO)_4$, analogue à celle du nickel-carbonyle.

M. Berthelot pense que la combinaison volatile du fer avec l'oxyde de carbone joue un rôle en métallurgie et permettrait de rendre compte de certains faits encore inexpliqués, tels que la précipitation du carbone de l'oxyde de carbone au contact du fer, la formation de bulles gazeuses au sein du fer ramolli, les transports de matière observés, soit dans les fours Siemens, soit dans les caisses de cémentation.

L'oxyde de carbone a une aptitude réactionnelle remarquable. Il est à présumer qu'il s'unira un jour aussi à d'autres métaux pris dans un état particulier et fournira toute une série de corps complexes, aux propriétés intéressantes et imprévues, que les études incomplètes faites jusqu'à présent permettent à peine d'entrevoir.

Sur quelques nouveaux hydrures métalliques. — On a déjà décrit dans ce recueil (1) les expériences de M. Winkler sur la réduction par le magnésium des composés oxygénés métalliques. Faite dans certaines conditions, cette réduction fournit toute une série d'hydrures métalliques, venant se ranger à côté de l'hydrure de cuivre CuH de Wurtz, et des hydrures alcalins K_2H et Na_2H de MM. Troost et Hautefeuille.

M. Winkler avait constaté (2) que le cérium, le zirconium, le thorium et le lanthane peuvent, à haute température, se combiner à l'hydrogène, pourvu qu'ils soient à l'état naissant. La méthode qui lui avait réussi consistait à calciner dans un courant d'hydrogène les oxydes métalliques avec du magnésium métallique en poudre. Il essaya cette même méthode sur des métaux appartenant aux trois premiers groupes de la série périodique des éléments, d'après MM. Mendelejeff et L. Meyer (3).

(1) *Revue des quest. scientif.*, avril, 1890, p. 664.
(2) *Berichte*, XXIV. 873.
(3) *Ibid.*, 1966, 1984.

PREMIER GROUPE.

Les hydrures de sodium et de potassium ayant été obtenus précédemment par l'action de l'hydrogène sur ces métaux, les essais de M. Winkler n'ont porté dans ce groupe que sur le césium.

Césium. — On sait que le carbonate de césium Cs_2CO_3 n'est que difficilement et très incomplètement réductible par le magnésium métallique en poudre (1). Il en est de même de l'hydroxyde CsOH. Mais quand on chauffe une molécule-gramme de ce dernier composé avec un atome-gramme de magnésium dans un courant d'hydrogène, une vive incandescence se produit. L'hydrogène s'enflamme spontanément à la sortie. Après calcination pendant une heure, il reste une masse grise, frittée, qui se dissout partiellement dans l'eau, sans dégager d'hydrogène. La solution est alcaline. On présume donc que la réduction se fait suivant l'équation

$$2\,CsOH + Mg = Cs_2O + MgO + H_2.$$

Par calcination, au sein de l'hydrogène, du carbonate Cs_2CO_3 avec le même poids de magnésium en poudre, on obtient en mélange de l'oxyde de césium, de l'oxyde de magnésium et du carbone. Mais, dans aucun des deux cas, pas le moindre indice de la formation d'un hydrure.

DEUXIÈME GROUPE.

Les métaux bivalents, au contraire, manifestent une tendance plus ou moins marquée à se combiner avec l'hydrogène au sortir de leurs combinaisons oxygénées, pourvu toutefois que les produits ne soient pas souillés de matières étrangères. Voici le procédé opératoire. On chauffe, dans un courant continu d'hydrogène sec, un mélange équimoléculaire d'oxyde métallique et de magnésium, placé dans un tube de fer ou dans un tube de verre de Bohême protégé par un enduit réfractaire. Quand l'appareil est plein d'hydrogène, on calcine. Un robinet est placé au bout du tube; il permet de régler la sortie de l'hydrogène, suivant que ce gaz est absorbé ou non, et de maintenir pendant toute l'opération la pression initiale. On poursuit la calcination tant que le gaz est fixé ; on laisse refroidir dans un courant d'hydrogène, puis on procède à l'analyse.

Glucinium. — Après réduction, ce métal a absorbé de l'hydro-

(1) *Revue des quest. scientif.*, loc. cit., 667.

gène pendant plusieurs heures. Le produit brun-gris clair, non fritté, renfermait des globules de magnésium et de l'oxyde de magnésium. Calciné à l'air ou dans l'oxygène, il brûlait avec une flamme pâle et formation d'eau. 14,96 p. c. du glucinium s'étaient combinés à l'hydrogène, pour former l'hydrure.

Magnésium. — Le mélange de magnésie et de magnésium s'est comporté comme le mélange de glucine avec le métal réducteur; 6,42 p. c. du magnésium se sont unis à l'hydrogène. Le résidu de l'opération renfermait 3,54 p. c. d'hydrure.

Calcium. — La chaux vive et bien pure, mêlée à du magnésium toujours exactement pesé, présente un pouvoir d'absorption plus considérable que l'oxyde de magnésium. La masse refroidie est très altérable, s'oxyde à l'air et brûle bien, surtout dans l'oxygène, quand on la chauffe en un point. Environ 61 p. c. du calcium présent passent à l'état d'hydrure; la proportion de ce composé monte à 33,14 p. c. du mélange.

Strontium. — Il suffit d'une trace de silice, d'alumine, d'azotate ou d'azotite dans la strontiane pour que l'hydrure de strontium ne se forme point. Si on emploie l'oxyde bien pur obtenu par calcination forte du carbonate, le rendement est excellent: 95 p. c. de strontium réagissent et l'hydrure représente 66,2 p. c. de la masse totale.

Baryum. — Pour ce métal, les mêmes soins sont requis. Toutefois, en prenant certaines précautions, M. Winkler a vu 94,6 p. c. du baryum se transformer en hydrure et celui-ci former 70,3 p. c. du mélange restant, bien que l'oxyde employé renfermât 18,1 p. c. d'hydroxyde, 7,34 p. c. de carbonate et des traces notables d'alumine et de silice.

En résumé, les métaux de ce groupe forment des hydrures correspondant à la formule RH, ou plutôt à une expression polymérique telle que R_2H_2, ou R_4H_4. Ces hydrures sont terreux, peu stables et fort différents des hydrures alcalins. Ils prennent naissance d'autant mieux que la température est plus élevée dans certaines limites, et que le poids atomique du métal est plus fort.

TROISIÈME GROUPE.

Bore et *Aluminium.* — Aucune absorption d'hydrogène n'a pu être constatée.

Yttrium. — La calcination d'une molécule-gramme d'yttria avec 3 atomes-gramme de magnésium a déterminé la com-

binaison avec l'hydrogène de 18, 4 p. c. du métal présent. L'hydrure d'yttrium constituait 12, 8 p. c. du mélange calciné.

Ces résultats sont encourageants. M. Winkler s'attachera sans doute à les compléter encore. Ce savant pense que les hydrures métalliques jouent un grand rôle dans la chimie stellaire, en particulier dans les étoiles à éclat variable non périodique. Grâce à la température excessivement élevée, les hydrures s'y maintiendraient, même en présence de l'oxygène. Mais, à la suite du refroidissement séculaire de l'astre, les éléments se trouvant ramenés au-dessous du point de dissociation de l'eau, l'oxygène se porterait à la fois sur l'hydrogène, sur le magnésium, le calcium et les autres métaux en donnant lieu à l'éblouissante combustion oxyhydrique. L'énorme dégagement de chaleur résultant rendrait à l'étoile en voie d'extinction un éclat passager, qui se reproduirait toutes les fois que l'abaissement progressif de la température permettrait l'oxydation d'une nouvelle quantite d'hydrures. Dans le soleil, les hydrures métalliques interviendraient pour une part tout aussi large dans les réactions chimiques de la photosphère et la formation des protubérances.

La prétendue passivité du fer (1). — MM. Henry Gautier et Georges Charpy ont constaté que l'acide azotique attaque le fer, quelle que soit sa concentration; seulement l'action de l'acide peut être ou rapide avec dégagement de gaz, ou lente sans dégagement gazeux.

Si, à la température ordinaire, on place du fer *parfaitement décapé* dans une série d'acides de concentrations croissantes, on voit que, lorsque la densité devient supérieure à 1,21 environ, le métal reste au contact de l'acide sans donner de dégagement gazeux. Néanmoins l'attaque se produit, car le poids du fer diminue et, après quelque temps, l'acide laisse déposer de l'oxyde de fer lorsqu'on le neutralise par la potasse.

La température déplace la limite à partir de laquelle l'attaque se produit sans dégagement gazeux. A 15°, l'attaque est lente pour tout acide de densité supérieure à 1,21; à 60°, pour l'acide de densité supérieure à 1,38. Si on chauffe du fer dans l'acide azotique du commerce ($d = 1{,}38$), on voit le dégagement de gaz se produire a partir de 60°; il suffit d'un refroidissement énergique pour l'arrêter.

(1) *Comptes rendus*, CXII, 1451.

Si le fer employé est partiellement oxydé (et il l'est toujours, sauf décapage préalable), l'oxyde se dissout, et le dégagement de chaleur qui accompagne la dissolution provoque le dégagement gazeux, au sein d'acides trop concentrés pour le donner avec le fer pur. Ici l'influence de l'élévation de la température est certaine ; car, si l'on agite un morceau de fer partiellement oxydé dans une grande masse d'acide, de façon à éviter tout échauffement local, l'oxyde se dissout peu à peu et, lorsque la surface du métal est parfaitement brillante, on n'observe plus aucun dégagement gazeux en abandonnant le liquide au repos.

On peut donc conclure, avec les auteurs de la note, que, *dans le cas étudié du moins,* ce n'est ni une couche de gaz, ni une couche d'oxyde qui produit la passivité du fer après contact avec l'acide fumant. Ces faits d'observation sont précieux ; ils renversent des hypothèses plusieurs fois proposées ; mais on en déduirait difficilement une théorie au sujet du phénomène qui nous occupe. MM. Gautier et Charpy en ont présenté une. Avant de l'exposer, énumérons, d'après les auteurs mêmes et avec toute la précision possible, les données d'expérience qu'il s'agit d'expliquer.

Présentent la passivité apparente en présence de l'acide azotique dilué :

1° le fer *parfaitement décapé* qui a été plongé dans un acide de concentration suffisante ;

2° le fer qui a été débarrassé de la rouille par dissolution de celle-ci dans un acide assez concentré, pourvu que la masse de l'acide soit assez grande et que l'agitation mécanique continue empêche toute élévation locale de température pendant le décapage du métal ;

3° le fer dont on a réduit l'oxyde superficiel en reliant le métal au pôle *négatif* d'une pile, le pôle *positif* de celle-ci communiquant avec une lame de platine et l'acide azotique servant d'électrolyte.

4° le fer plongé dans l'acide azotique, relié au pôle *positif* d'une pile à force électromotrice faible et décapé sous l'influence du courant par formation d'azotate aux dépens de l'oxyde qui couvrait le métal ;

5° le fer qui, relié au pôle *positif* d'une pile dont la force électromotrice est supérieure à 1 volt, s'est enduit d'une couche d'oxyde ferroso-ferrique ;

6° le fer recouvert de rouille ordinaire, mais chauffé pendant quelque temps à 140°.

Après avoir indiqué le deuxième et le troisième cas, les auteurs disent que l'acide fumant intervient seulement pour modifier l'oxyde et le rendre inattaquable. " Il est difficile, ajoutent-ils, de déterminer exactement la nature de cette modification; nous croyons qu'elle consiste en une déshydratation; si l'on touche le fer ainsi rendu passif avec un métal attaquable, la partie superficielle de l'oxyde qui a été déshydratée est réduite par l'hydrogène, et l'on se retrouve dans les conditions initiales. „

Ces conditions initiales, quelles sont-elles? N'est-ce pas l'état d'hydratation de l'oxyde? Dans ce cas, nous avouons ne pas comprendre comment un oxyde métallique peut être ramené à cet état, c'est-à-dire à l'état d'hydroxyde, *grâce à la réduction par l'hydrogène naissant* que dégage le métal attaquable. On se demande aussi de quel oxyde il peut bien être question dans ce passage, puisque, dans le deuxième et le troisième cas, l'opération indiquée a tout juste pour effet, non de modifier l'oxyde, mais de le faire disparaître. De plus, aux termes mêmes de la note, l'acide non dilué dissout l'oxyde superficiel, à part l'oxyde ferroso-ferrique et jusqu'à un certain point la rouille ordinaire après échauffement à 140°.

Bref, la communication de MM. Gautier et Charpy manque de clarté; elle laisse à faire la théorie de la passivité du fer, car l'explication qu'elle hasarde est pour le moins insuffisante. Dénuée de valeur au point de vue de la philosophie des faits, elle a le mérite de compléter en quelques points l'histoire de cet intéressant phénomène. C'est à ce titre que nous l'avons signalée.

Action de la lumière sur le chlorure d'argent. — Ce sel exposé à la lumière perd de 1/1000 à 1/100 de son poids. M. Bibre prétend n'avoir pu observer de perte. M. Romyn Helchcock (1) admet une diminution de 8 p. c. en moyenne et en déduit pour le composé restant la formule $Ag_3 Cl_2$, soit $Ag (Ag Cl)_2$; du chlore se dégage. Outre ce gaz, il apparaîtrait aussi, dans la décomposition du chlorure d'argent à la lumière en présence de l'eau, des produits de l'action du chlore sur l'eau, acide chlorhydrique et ozone. M. Richardson (2), qui a fait cette observation, a également obtenu la coloration du chlorure d'argent sous du tétrachlorure de carbone privé d'air; mais il n'ose assigner de formule au produit d'altération.

(1) *American Chemical Journal*, avril 1891.
(2) *Journal of Chemical Society*, 7 mai 1891.

M. Guntz (1) remarque que AgCl, laissé en couche mince à la lumière, se colore faiblement dans les premiers instants, que les révélateurs photographiques le réduisent, même *après une courte exposition,* en argent métallique. D'après lui, il y aurait alors transformation isomérique et le produit de condensation, formé sans perte de chlore, subirait l'action des révélateurs à l'encontre de ce qui s'observe pour le chlorure argentique normal. M. Berthelot, et l'auteur lui même, ont prouvé que AgCl peut exister de fait sous plusieurs états différents.

Une exposition prolongée à la lumière entraîne un dégagement de chlore et une perte de poids. M. Guntz l'a constaté aisément en concentrant, au moyen d'une lentille, les rayons solaires sur du chlorure d'argent sec ou fondu. Il se forme du sous-chlorure Ag_2Cl de couleur rouge violacée, ainsi que le prouve l'identité de couleur et de propriétés avec le sous-chlorure d'argent bien défini obtenu par double décomposition avec le sous-fluorure d'argent.

La lumière doit produire un travail considérable pour décomposer le chlorure d'argent :

$$2\,AgCl\ sol = Ag_2Cl\ sol + Cl\ gaz - 28{,}7\ cal.$$

Cela explique que l'action de la lumière soit aidée par l'addition de substances capables d'absorber le chlore avec dégagement de chaleur.

Le sous-chlorure lui-même est décomposé par la lumière en argent et chlore, comme M. Guntz l'a constaté au moyen du sous-chlorure préparé par voie chimique; il se forme, comme dernier produit d'altération, de l'argent métallique. Donc, finalement, une couche de AgCl exposée à la lumière se compose de trois couches superposées : la première, d'argent métallique; la deuxième, de sous-chlorure d'argent; la troisième, de chlorure d'argent inaltéré. Mais, par suite de l'opacité extrême du sous-chlorure d'argent, l'altération est purement superficielle et ne dépasse pas 1/500 de millimètre.

Le pentafluochlorure de phosphore (2). — Le pentachlorure de phosphore est un composé instable qui se dédouble aisément en trichlorure et chlore libre; le pentafluorure au contraire ne se décompose en trifluorure et fluor que sous l'influence d'étin-

(1) *Comptes rendus,* XCIII, 72.

(2) *Ann. de Chimie et de Physique,* [6], XXIV, 569. — *Comptes rendus,* CXIII, 75.

celles d'induction de 15 à 20 centimètres. M. Poulenc vient d'examiner, au point de vue de l'ensemble de ses réactions, un composé phosphoré complètement saturé contenant tout à la fois du fluor et du chlore, le pentafluochlorure de phosphore PF_3Cl_2 obtenu par la combinaison à volumes égaux du chlore et du trifluorure de phosphore.

C'est un corps gazeux, doué d'une odeur piquante, répandant à l'air d'épaisses fumées blanches. L'eau, les solutions alcalines, l'alcool et le sodium fondu l'absorbent en le décomposant. Le soufre et le phosphore lui enlèvent deux atomes de chlore. Chauffés à 180°, le magnésium, l'aluminium, le fer, le nickel, le plomb et l'étain l'attaquent avec formation de chlorures anhydres et de trifluorure de phosphore. Le mercure réagit de même, dès la température ordinaire. Quant au gaz ammoniac, il forme à froid avec le nouveau composé un corps solide, blanc, léger, soluble dans l'eau, la fluorophosphamide :

$$\underset{2\text{ vol.}}{PF_3Cl_2} + 4\,NH_3 = PF_3(NH_2)_2 + 2\,NH_4Cl \qquad \underset{8\text{ vol.}}{}$$

Le pentafluochlorure de phosphore, qui présente au point de vue de la saturation une analogie parfaite avec le pentafluorure et le pentachlorure de phosphore, diffère notablement du premier par une plus grande instabilité. La mobilité de ses deux atomes de chlore le rapproche du pentachlorure de phosphore dont il possède d'ailleurs les principales réactions.

Fr. Dierckx, S. J.

GÉOGRAPHIE.

Le pays compris entre les lacs Tanganika, Nyassa, Moëro et Benguëlo (1). — Le Nyassa a une superficie de 14220 milles carrés et se trouve à 1570 pieds au-dessus du niveau de la mer.

A l'est, dépassant son altitude de 8000 pieds, se dressent le pic Rungwe et la chaîne boisée des montagnes de Livingstone.

(1) *Notes on the Country between Lakes Nyassa and Tanganika,* par David

Entre ces cimes et le village de Karonga, la plaine de N'Konde. Elle est remarquable par la richesse de ses vallées et de ses pâturages ; c'est toute la végétation luxuriante des tropiques. La largeur de la plaine de N'Konde, qui domine le Nyassa de 50 à 60 pieds, est de 12 à 20 milles.

Ce pays, un des plus beaux du Nyassaland, est arrosé par neuf rivières. Leurs eaux, abondantes, vont alimenter le lac.

Les hauteurs de Busango et la région montagneuse de Bundale sont situées au nord et à l'ouest du Nyassa.

Au delà du Bundale s'étend le plateau de Awakukwe, le grenier de l'Afrique méridionale, et plus loin encore, vers l'ouest, le pays des Awabundali et des Awamesuko, un des sites les plus tourmentés du continent noir. Les montagnes, dont la direction générale est nord-sud, emprisonnent les sources de plusieurs tributaires septentrionaux du Nyassa : le *Kiwirwa,* le *Suwismi,* le *Songwe,* le *Rufira* et le *Rukuru.*

A certaines places, les rives du Kiwirwa ont 700 pieds de hauteur. Le Songwe traverse, à son embouchure, un sol sablonneux, où il forme une espèce de delta. Plus en amont, sur un parcours de plusieurs milles, son lit est de calcaire très friable. Au village de Mireya, où le fond de la rivière est tantôt limoneux, tantôt calcareux, les rives ont 80 à 100 pieds de hauteur. Le Songwe a une largeur et une profondeur passables près de sa source. Il décrit de nombreux méandres dans une plaine de sable brûlant; ses bords sont là assez boisés.

Les pluies sont abondantes dans la région nord-occidentale du Nyassa, qui subit deux saisons. La saison des pluies commence vers la fin de novembre et finit en avril ou mai. La quantité moyenne d'eau tombée est de 30 pouces; elle atteint parfois 86 pouces et 100 pouces sur les hauteurs. A cette époque, les vents dominants viennent du nord et de l'est; ils apportent l'humidité de l'océan Indien. La saison sèche dure de mai à novembre; la terre se crevasse, les arbres s'effeuillent, la verdure se fane et jaunit. Ce sont les vents du sud et de l'ouest qui se font sentir. Le contraste entre les deux saisons est bien tranché.

La température est de 30° F. en mai, de 83° F. en novembre.

Kerr Cross. Proceedings of the Royal Geographical Society (Londres), pp. 86-99; *Journey from Karonga (Nyassa)) to Katanga (Msidi 's Country) via the Northern Shore of Lake Moëro,* par M. Alfred Sharpe. Ibid., pp. 423-427 et 1 carte.

Pour se rendre du Nyassa septentrional au plateau Nyassa-Tanganika, on suit d'habitude la route Stevenson, amorcée à Karonga. Le plateau a 4000 à 5000 pieds d'altitude et une largeur de 170 milles. Il constitue la chaîne de partage de cette partie de l'Afrique.

Son versant oriental alimente le lac Nyassa et la rivière *Loangwa,* tous deux tributaires de l'océan Indien par le Zambèse. Son versant nord-ouest est dominé à l'altitude de 2000 à 3000 pieds par les montagnes de Chingambo. Il en sort de nombreux torrents, qui coulent au sud et à l'ouest et se réunissent pour former le *Chambezi,* la source orientale du Congo. On sait que ce fleuve se jette dans l'océan Atlantique.

Au nord et à l'est des montagnes Chingambo s'étendent des plaines ondulées, très fertiles, bien arrosées et peuplées de gros gibier. Ces plaines, et les monts Mumboyo qui les bordent à l'est, forment la ligne de partage des cours d'eau tributaires des lacs Nyassa et Rukwa ou Hikwa. Deux rivières descendent des contreforts du Mumboyo; l'une se déverse au sud-est dans le Nyassa, l'autre au nord-ouest dans le Rukwa.

Lorsqu'on veut atteindre le Rukwa, en prenant pour base le Songwe, on doit traverser plusieurs cours d'eau. Le plus important est le *N'Kanna.* Sa source est voisine du Mumboyo, et sa direction ouest-nord-ouest. Après avoir rencontré le *Saisi,* il se jette dans la partie sud-occidentale du lac Rukwa.

Le Rukwa est borné à l'est et à l'ouest par un amphithéâtre de montagnes. M. David Kerr Cross croit que nos cartes donnent au lac des dimensions inexactes ; son développement vers le sud et vers l'est doit être augmenté ; il est long de 80 à 100 milles, et large de 30 à 40 milles. Les eaux sont noires, très chargées, très salées et non potables. Elles s'évaporent beaucoup; le niveau du lac baisse sensiblement.

Les rives du Rukwa ne sont rien moins que riantes et la contrée qui l'avoisine est des plus pauvres. Les pluies y sont nulles. En plein midi, M. David Kerr Cross a subi à l'ombre une température de 98° F.

A son extrémité ouest-sud-ouest, le Tanganika reçoit le *Lofu;* à l'ouest de cette rivière se trouve le village de M'Kula, et plus loin un lac salé qui n'a pas d'émissaire connu. Il semble s'être déversé jadis dans le *Kalongwizi,* tributaire du lac Moëro. Il reçoit quatre petites rivières : le *Chisela* (venu du nord-est), le *Choma* (originaire du nord), le *Moambezi* et le *Mkubwe,* descendus du sud-est et du sud.

M. Sharpe a contourné le lac par le sud, en décembre 1890, donc pendant la saison des pluies; c'était un immense marais resserré entre deux massifs de montagnes. Ses eaux couvraient une surface de 10 milles sur 14 milles. Le voyageur a traversé la plage marécageuse et est arrivé à une île, située à 2 milles du bord du marais. Elle a environ 8 milles de longueur. Le sol est sablonneux. On y voit des buffles, très nombreux, des zèbres, des hippopotames, des lions.

Le lac Moëro reçoit de nombreux tributaires. A l'est, par 9° lat. S. environ, le *Kalongwizi* qui vient du sud-est; sur sa rive gauche se trouvent des brousses inhabitées; et le *Louongo,* par 10° 10′ lat. S. Au nord, le *Louao* et le *Louchinda.* Enfin au sud le *Luapula,* dont la largeur atteint 300 à 350 mètres à son embouchure, et 300 à 400 yards, à l'ouest de Mpueta, presque à sa sortie du lac auquel il sert de déversoir. Contrairement à l'avis de Livingstone, qui a visité le pays, le village de Mpueta ne confine pas au Luapula; il en est séparé par des crêtes fort escarpées et distant de 3 à 4 milles.

Sur la rive gauche du Luapula se dresse, couvert de forêts, un plateau élevé de 4500 à 5500 pieds au-dessus du niveau de la mer; il dépasse de 2500 pieds l'altitude du lac Moëro. Ce lac, dont la rive occidentale est contiguë à une vaste plaine herbeuse, assez riche en gibier, n'a qu'une seule île ; elle est habitée par les Simbas et voisine de l'embouchure du Luapula, dans le lit duquel on signale plusieurs îles importantes.

La partie méridionale du lac ne décrit pas, vers le sud-ouest, la grande courbe que supposent les cartographes; elle s'allonge au contraire dans la direction de l'embouchure du Luapula.

A l'ouest du plateau qui borde la rive gauche du Luapula à sa sortie du lac Moëro, la *Luvua,* grossie de ses affluents orientaux le *Mpango,* le *Luiki* et le *Luizi,* se dirige vers le sud-ouest et se jette (rive droite) dans la *Lufira,* qui reçoit sous la même latitude (rive gauche) le *Likulwe,* venu de l'ouest.

La partie septentrionale du Congo français (1). — Une vaste forêt s'étend du nord de l'Ogooué jusqu'au fleuve Campo. De 10° 48′ à 8° 33′ long. E. Paris, l'Ogooué se grossit à droite de

(1) *Au pays des M' Fans. Voyage d'exploration de M. Paul Crampel dans le nord du Congo français,* rédigé par Harry Alis, sur les notes originales de l'explorateur, Le tour du monde, 2e semestre 1890, pp. 321-336, grav. et 1 carte; *De l'Ogooué au Campo,* par A. Fourneau, Bulletin de la Société de géographie de Paris, 1891, pp. 190-215 et 1 carte.

trois affluents : le *Sébé* (10° 48′ long.); l'*Ikoni* (8° 33′ long.): son cours et ses sources sont inconnus; son bassin est séparé de celui de l'Ivindo par une ligne de faîte qui se dirige nettement vers le nord. L'exploration Fourneau traversa plusieurs tributaires de l'Ikoni. Enfin l'*Ivindo* (9° 40′ long.); il paraît être l'affluent de droite le plus considérable de l'Ogooué.

Le 12 août 1888, Crampel partit de Lastourville (jadis Madiville), par 1° 10′ lat. S. et 11° long. E. P. A plus de 70 kilomètres au nord de l'Ogooué, il franchit la chaîne de collines qui sépare le bassin de l'Ogooué de celui de la petite rivière *Dillo*, originaire de l'est. Plus loin, il traversa deux cours d'eau assez importants, et atteignit (rive gauche), au confluent de la *Liboumbi*, l'Ivindo qui n'avait pas été remonté jusqu'alors à plus de deux jours de marche de son embouchure. L'Ivindo a encore ici 300 mètres de largeur.

Un affluent important de droite de l'Ivindo est le *M'Vouo*. Il mêle ses eaux à celles du *Togofas* dont Fourneau a vu les sources au mont Mendjymékalé (700 mètres d'altitude).

Du flanc sud-est du mont Tembo (1200 mètres d'altitude) tombent d'une grande hauteur les sources d'un autre tributaire de droite de l'Ivindo, le *Daméramé*. En amont de Kandjama, l'Ivindo coule du nord au sud. A ce point la rivière, dont l'altitude est de 460 mètres, a environ 300 mètres de largeur; à Djambah elle n'en a plus qu'une centaine; son altitude atteint 515 mètres; la rivière n'est qu'une succession de rapides et de petites chutes. Crampel pense avoir découvert les sources de l'Ivindo, à l'altitude de 570 mètres, à l'ouest du village d'Annundjoko, au point où il a démêlé la ligne de faîte qui sépare la source de trois cours d'eau allant dans trois directions différentes : 1° l'Ivindo, qui va vers le sud-ouest; 2° plus au nord, le *Djah*. Crampel a vu cette rivière à M'Koul, par 2° lat. N. environ, à la limite de la frontière franco-allemande, où il croyait découvrir le légendaire lac Liba. Le Djah est une grande rivière à courant presque insensible. Par la nature de ses poissons, il paraît appartenir au bassin du Congo. D'après Crampel et le commandant de Lannoy de Bissy, il serait tributaire du *Lèkoli*. Celui-ci va grossir la *Likouala*, affluent du Congo. Si le Djah appartient au bassin du grand fleuve (nous en sommes convaincu depuis l'exploration de Gaillard et de Fourneau, mais nous le rattachons à la N'Goko, donc à la Sangha), ce bassin se rapproche du rivage de l'Atlantique au delà de toute attente; à vol d'oiseau il n'en serait distant

que de 275 kilomètres. M. Wauters préfère rattacher le Djah au bassin de l'Ogooué et en fait la branche septentrionale de l'Ivindo (1). 3° A l'ouest des sources de l'Ivindo, le *Kome*, qui se dirige vers l'ouest. A 250 kilomètres de la côte, le Kome s'écoule par une série d'étages plans que séparent des gradins assez raides. Aussi bien dans les grands biefs presque dépourvus de pente que dans les petits rapides, la navigation même par radeaux est lente et difficile ; à la descente il n'est guère possible de faire plus de 12 kilomètres par jour. Le Kome est obstrué par plusieurs îles. C'est un des gros affluents du *Temboni*.

A Golé, où les itinéraires de Crampel et de Fourneau se confondent, le cours d'eau a une largeur de 40 mètres. A dix mètres des rives, la profondeur est de $1^m,50$ à 2 mètres; au milieu de la rivière elle est de 4 mètres et $4^m,50$. Le courant est rapide. Le niveau s'élève de 2 et 3 mètres pendant la saison des pluies. Un des affluents du Kome est le *Lope*, large de 25 à 30 mètres, et profond de 3 mètres. Ses crues sont aussi fortes à la saison des pluies.

L'altitude est ici de 1000 à 1100 mètres. Elle est à peine de 300 mètres près de Lastourville. Cette région montagneuse, qui atteint jusque 1500 mètres, court presque parallèlement au rivage de l'Atlantique et en est distante de 200 kilomètres environ.

A partir du village d'Annundjoko, en marchant vers l'ouest, Crampel traversa encore trois rivières : le *Bouâ*, le *Lobo* et le *N'Tem*. Il avait déjà obtenu des renseignements sur ce dernier cours d'eau. Au nord-ouest de Bindzoko, près de la montagne Agounnah, les indigènes avaient parlé d'un mont N'Koun, situé tout près à l'ouest, d'où jaillirait la source de la N'Temou ; l'explorateur l'identifie avec la N'Tem, et en fait la branche supérieure du *Campo*. Le commandant de Lannoy de Bissy est tenté d'admettre que la rivière a pour cours inférieur le *Mouni*. M. Wauters en fait le cours supérieur du *San Benito* (2).

L'expédition arriva par 1° 51′ lat. N. environ à Bata, sur les côtes de l'Atlantique, entre les estuaires du Campo et du San Benito.

Nous avons vu qu'un affluent de l'Ivindo, le Daméramé, avait ses sources sur le flanc sud-est du mont Tembo. Le Temboni, l'Utemboni des Allemands, prend naissance au sommet du

(1) MOUVEMENT GÉOGRAPHIQUE, 1890, pp. 123-124.
(2) IBID., 1891, p. 1.

versant nord-est. Fourneau dit qu'il tombe d'une grande hauteur, fait des sauts de 80 et 100 mètres, disparaît sous des masses énormes de rochers pour reparaître bouillonnant et se précipiter de nouveau.

Le cours d'eau semble se jeter dans la mer par le Mouni. Il a plusieurs affluents. En aval de Mfia sa largeur est de 20 mètres, sa profondeur de $1^{m},50$ à 2 mètres.

Près de Mfia le Temboni est formé par une série de canaux venant du nord, du nord-est et de l'est. Son cours est embarrassé de massifs et d'îlots de bambous et de lianes épineuses. La largeur de la rivière est ici de plusieurs centaines de mètres, à cause de ces canaux; au sud d'Azombo elle n'est plus que de 200 mètres.

Plus en amont, le Temboni se grossit du Kome (nous en avons déjà parlé), du *M'vila* (sur sa rive droite court une chaîne de montagnes de 1300 mètres environ), et peut-être aussi, au dire des indigènes, du *Méheume*. Fourneau, en partant du M'vila, arriva au Méheume par une contrée très tourmentée. La rivière a une largeur de 25 à 40 mètres. Elle n'est pas navigable à cause des chutes et des rapides qui se succèdent sans interruption. Quelques centaines de mètres en amont de Bifouandé, elle forme un vaste lac dont les bords sont couverts de hautes herbes et dont la rive droite est dominée par une ceinture de montagnes d'une altitude de 1300 à 1400 mètres. Le Méheume a plusieurs tributaires directs ou indirects.

Si l'hypothèse de l'écoulement des eaux du Méheume et du Temboni se vérifie, le San Benito ne sera plus qu'un simple petit fleuve côtier.

Au delà d'Ebiameïong coule le *Kombi*. Il n'est qu'une succession de chutes et de rapides. Par instant il coule encaissé dans un thalweg dont les crêtes ont une altitude de 1200 mètres. Ses berges sont parfois formées par des murailles granitiques verticales de 10 à 20 mètres de hauteur.

Le Kombi, désigné aussi sous le nom de Quiyack, forme le cours supérieur du *Yomo*, qui est l'estuaire proprement dit du Campo.

Sur la rive droite du Kombi, à l'altitude de 1180 mètres, Fourneau rencontra les sources du *Vaterfall*, qui se jette dans la mer à Petit Batanga (Cameroun allemand). Il tombe presque du faîte de la chaîne qui s'élevait à la gauche de l'explorateur et qui le séparait du Kombi.

A partir de ce moment la marche de Fourneau dégénérait en

descente rapide. Sur un espace de quelques kilomètres, la différence de niveau était de plusieurs centaines de mètres.

Voyage de M. Coudreau en Guyane (1). — M. Coudreau a fait trois campagnes en Guyane : la première, de 1881 à 1884; la deuxième, de 1887 à 1889; enfin la troisième, qui fait l'objet de cette notice, de 1889 à 1891.

L'explorateur s'embarquait à Saint-Nazaire le 10 août 1889 pour étudier la Guyane centrale, le pays des grandes tribus Peaux-Rouges. Le 31 décembre, il était en Guyane au Saut-Galibi, dans le *Bas-Oyapock*. Les canots le conduisaient bientôt dans le cours supérieur de ce fleuve.

La campagne d'hiver, marquée par des pluies diluviennes, était employée à parcourir, de janvier à juin 1890, les grands affluents de la rivière, tous inexplorés. Rive gauche, le *Bas-Camopi* et l'*Inipi* (janvier), l'*Yaroupi* (juin), le *Bas-Eureupoucigne* (mars); rive droite, l'*Yaoné* (mai), le *Motoura* (mai), l'*Yingarari* (avril).

Tous ces cours d'eau sont encombrés de chutes et traversent de vastes marécages. L'exploration de ces sept rivières, en comptant la montée et la descente, forme un total de 666 kilomètres.

Une seconde période de l'exploration était consacrée à un grand voyage circulaire à travers la Guyane centrale par l'*Oyapock*, le *Yari*, le *Mapaony*, l'*Itany*, l'*Inini* et l'*Approuague*.

Le 12 septembre, Coudreau se trouvait dans la branche occidentale du Haut-Oyapock, le *Kerindioutou* (la rivière des chutes). De là il franchissait la masse des Tumuc-Humac orientales, et arrivait à la crique *Rouapir*, sous-affluent du Yari ; du Rouapir il descendait dans le *Kouc* et par lui dans le Yari, le 28 septembre 1890.

Du 31 octobre au 1er décembre, le voyage se faisait en canot de l'Yari à l'*Aoua;* l'Yari était remonté jusqu'à son confluent avec le Mapaony ; puis l'explorateur se lançait dans cette dernière rivière. Les canots durent franchir une quinzaine de chutes. Ces chutes, hautes de 1 à 10 mètres, sont la caractéristique de presque tous les cours d'eau de la Guyane. Elles rendent la grande navigation impossible.

Après neuf jours de canotage, on arrivait de nouveau aux Tumuc-Humac.

(1) *Compte rendu des séances de la Société de géographie de Paris*, 1891, pp. 364-387 et 1 carte.

Ces masses se terminent à l'est sur les bords de l'*Aragouary;* de nombreuses rivières en descendent : le *Rio Branco,* l'*Essequibo,* le *Maroni,* l'Oyapock. On croyait qu'elles ne formaient qu'une seule grande chaine de montagnes. Coudreau a découvert douze chaînons isolés, dont il a mesuré 300 sommets.

Au delà des Tumuc-Humac, Coudreau gagnait les rives de la Haute-Itany, le cours d'eau devenu frontière avec les Pays-Bas, depuis la sentence arbitrale du Czar.

L'Itany reçoit, sur la rive néerlandaise, la grande rivière *Oulémary ;* le territoire qu'elle traverse est riche en or; sa population est fort guerrière. Plus en aval l'Itany rencontre, sur la rive française, le *Marouini,* avec lequel il forme l'Aoua. Celui-ci prend bientôt le nom de Maroni.

Le 1er décembre 1890, Coudreau se trouvait chez Anato, chef des Bonis.

Deux itinéraires se présentaient pour gagner Cayenne. Descendre le Maroni : l'explorateur trouvait la chose trop facile; ou bien remonter, au prix de grands efforts, l'Inini, pour pénétrer de là dans l'Approuague. C'était ce dernier itinéraire qui l'emportait. Le 27 janvier 1891, l'expédition rentrait à Cayenne et le 7 mai à Paris.

Les résultats géographiques de cette campagne sont importants. Coudreau rapporte 5000 kilomètres de levés; 2500 sont nouveaux, et plus de 1000 recueillis en pays inexploré. Ces itinéraires sont à l'échelle du 1/25 000 au 1/100 000.

L'Oyapock et ses affluents supérieurs, le Haut-Yari et ses grands tributaires le Kouc et le Mapaony, les Tumuc-Humac orientales et occidentales, les hauts plateaux qui les bordent au nord, l'Itany et l'Aoua, l'Inini, la Guyane centrale jusqu'à Inipi et Approuague, l'Approuague enfin, ont leur carte dressée, et viennent animer la vaste tache blanche qui se trouvait sur nos cartes avant 1883.

Coudreau n'a pas négligé les données sur les productions et les richesses du sol et du sous-sol, sur l'or roulé par les rivières, sur les populations indiennes de ce pays. Il enrichit de nombreux documents leur ethnographie, leur histoire, les notions qu'on possédait sur leur langue.

Sur le Niger. Lac Deboe. Courants et crues du Niger (1). — M. Jaime a quitté Mopti, le 26 septembre 1890; le 27, il mouillait à l'entrée du lac Deboe.

(1) Par G. Jaime, lieutenant de vaisseau. BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ DE GÉOGRAPHIE DE PARIS, pp. 39-48.

Depuis Koulikoro jusqu'à Diafarubé, le Niger coule sur des terrains sablonneux dans une direction comprise entre le nord-est et l'est-nord-est. Il se partage alors en deux branches. Sur près de 300 kilomètres, elles coulent presque parallèlement à la direction nord-est, enserrent un marécage immense et se jettent enfin dans le lac Deboe, l'une près de l'extrémité est, l'autre près de l'extrémité ouest.

Dans ce vaste delta, les herbes ont 4 ou 5 mètres de hauteur; la profondeur d'eau est de 3 à 4 mètres.

La branche occidentale est la moins navigable; près du lac il y a des tourbillons et des rapides.

On navigue sans difficultés dans la branche orientale; elle reçoit, à Mopti, les eaux du *Mayel Balevel* et se bifurque un peu plus en aval. Elle donne ainsi naissance au *Koly Koly,* qui n'est pas fréquenté par les pirogues. Ce dernier bras ne pénètre pas dans le lac; il rejoint le Niger un peu en amont de Safay.

Le Deboe a la forme d'une ellipse dont le grand axe, dirigé de l'est à l'ouest, atteint près de 50 milles.

A l'est, au nord, à l'ouest et au sud-ouest les rives sont assez élevées; mais au sud la rive du lac est tellement basse que la moindre crue la fait disparaître; le Deboe ne fait plus qu'un avec le delta et s'étend pour ainsi dire jusqu'à Diafarubé.

Les deux branches du Niger traversent le lac, profond de 3 mètres, presque en ligne droite, et s'en échappent, sur la rive septentrionale, par deux issues de 50 mètres de largeur. A l'époque des crues le courant, qui était de 4 à 5 nœuds à l'entrée, tombe à 1 1/2 nœud à la sortie. Les deux branches du fleuve convergent à Safay, à 250 kilomètres de la sortie du Deboe.

En aval de Safay, le fleuve s'élargit par l'appoint des eaux du Koly Koly; on n'est plus guère alors éloigné de Tombouctou. Enfin, à 500 kilomètres plus loin, à Tosaye, le fleuve étranglé entre des berges escarpées s'infléchit vers le sud.

Les canonnières, à plus forte raison les pirogues, ont à souffrir des tornades sur le fleuve, et surtout sur le lac Deboe.

L'époque des plus hautes eaux du Niger est, à Koulikoro, le 20 septembre, à Mopti le 15 octobre, à Safay en décembre, et à Tombouctou en janvier.

La vitesse du courant varie chaque jour. M. Jaime ne peut la donner pour certains points qu'avec les dates du passage.

La Sangha (1). — Grenfell place le confluent de la *Bossaka* ou *Likouala* par 1° 10′ lat. S. et 17° 13′ long. E. Gr. A 1500 mètres à peine en amont, se présente une succession de cinq bras de rivière. Réunis ils constituent un delta de 19 kilomètres de base. Elle est comprise entre 17° 13′ 30″ et 17° 21′ 20″ long E. La branche la plus septentrionale est située par 1° 9′ lat. S.; la branche la plus méridionale par 1° 14′ lat. S. C'est par ce delta que la *Sangha* se déverse dans le Congo (rive droite).

MM. Grenfell et von François ont fourni les premiers renseignements sur ce cours d'eau. Montés sur le steamer *Peace,* ils explorèrent, en 1885, le delta et remontèrent la rivière jusqu'à 30 kilomètres de son embouchure. Elle a des eaux jaunâtres, une direction nord-est et un cours presque parallèle à celui de l'Oubangi.

Sa largeur est de 600 mètres. Westmark l'estime à 800 mètres près de Bounga, et à 600 mètres non loin de l'équateur. Pour Cholet, la Sangha inférieure est partout large de 1200 à 1800 mètres, sauf entre les rivières *Missongo* et *Diali,* où son lit semble s'être dédoublé.

La profondeur est de 3 à 10 mètres et la vitesse du courant de $1^{m},25$ à la seconde. Il résulte des données de von François qu'aux eaux moyennes, fin d'octobre, le débit de la rivière atteint 1800 mètres cubes à la seconde.

Tout le cours de la rivière est parsemé d'îles verdoyantes, de bancs de sable et de quelques rares rochers qui obligent à faire des détours considérables pour trouver des passages. Ses rives offrent des alternatives de forêts et de savanes peuplées de bœufs sauvages. Les hippopotames y ont élu domicile en grand nombre.

En décembre 1884, MM. Jacques de Brazza, Dolizie et Pecile ont remonté la Sangha jusqu'à 0° 30′ lat. N. Par 0°15′4″ lat. S. ils remarquèrent sur la rive droite un sol de limonite pisolithique, couche rappelant le terrain du Gabon.

C'est grâce aux explorations de MM. Cholet, Fourneau, Gaillard et Husson, faites de 1890 à 1891, que l'hydrographie du bassin de la Sangha commence à se dessiner mieux.

(1) *Renseignements de von François.* Mouvement géographique, 7 février et 5 septembre 1886, pp. 5 et 76; *Renseignements de Westmark.* Ibid., 18 avril 1886, p. 30; *Exploration de Jacques de Brazza, Dolizie et Pecile.* Ibid., 9 octobre 1887, p. 92; *Exploration Cholet. Rapport.* Journal officiel de la République Française, 10 novembre 1890, p. 5443; *Exploration Fourneau, Gaillard et Husson. Rapport.* Ibid., 31 août 1891, pp. 4303-4304, et 14 septembre 1891, pp. 4505-4506.

Dans le pays des Afourous le cours d'eau reçoit à gauche la *Missongo*. Immédiatement en amont il perd la moitié de sa largeur, est encaissé et n'est plus encombré d'îles; il ne retrouve son débit ordinaire qu'au-dessus d'un bras très important, appelé *Diari* ou *Toko* par les indigènes. Ce bras se détache de la Sangha près du village de Malombi et ne la rejoint que par la Missongo.

Contrairement à l'opinion de M. Cholet, nous pensons que la Missongo n'est pas une rivière, mais le prolongement du Diali. Le cours de la Sangha serait donc ici encombré par une grande île.

En face du confluent du *N'Goko*, qui est un affluent de droite de la Sangha, une île se trouve au milieu de la rivière. M. Gaillard a établi un poste en face de cette île, sur la rive gauche de la Sangha, par 1° 36′ lat. N. et 15° 34′ 44″ long. E.

Le 8 mars 1891, M. Gaillard a remonté le N'Goko. Le point extrême qu'il ait atteint sans difficulté, dans la direction du nord, se trouve au confluent des rivières *Boumba* et *Lobi* par 2°3′ lat. N. et 15° 54′ 14″ long. E.

A partir de ce point, le N'Goko, qui doit être le Lobi, s'infléchit vers le sud-ouest. L'explorateur continua le voyage jusqu'à 1° 58′ lat. N. et 15° 8′ 14″ long. E. Vu l'état des eaux, il devenait dangereux d'essayer de remonter plus loin en vapeur. Des séries de barrages, faits de têtes de roches, se trouvaient à fleur d'eau.

D'après tous les renseignements recueillis, le N'Goko prendrait sa source dans le massif qui donne naissance à l'*Ivindo* et à ses affluents de gauche. Le *Djah,* découvert par Crampel, et dont celui-ci fait un affluent de la Likouala, ne serait-il pas la branche supérieure du N'Goko?

Le N'Goko est large de 200 mètres au plus; ses berges sont boisées, le courant rapide; on y trouve beaucoup de rochers aux eaux moyennes, mais les rapides peuvent alors être franchis sans trop de difficultés.

Quant à la Boumba, M. Gaillard n'a pas pu y rentrer par suite du manque d'eau; il ne la croit navigable en aucune saison; les pirogues ne peuvent la remonter plus de 4 milles en amont de son embouchure, à cause des successions de rapides qui la barrent complètement.

Le 24 mars, M. Gaillard était de retour au poste établi sur la Sangha, en face du confluent du N'Goko; il constatait peu de jours après une crue de $0^{m},50$ dans les eaux de la rivière.

L'explorateur se remettait en route le 3 avril; il arrivait le

même jour au point extrême atteint par M. Cholet et que celui-ci n'avait pas pu dépasser; les eaux très basses ne lui avaient pas permis de franchir une série de bancs de sable. Six jours plus tard, il se trouvait au village de N'Dongo, sur une île de la Sangha, par 3° lat. N. et 15° 30′ 14″ long. E. En aval de ce point la Sangha reçoit à droite la *Madomba*.

M. Gaillard atteignit bientôt le village d'Ero (3° 9′ 30″ lat. N. et 15° 36′ 14″ long. E.), en amont duquel on commence à rencontrer des difficultés pour la navigation: rochers épars, bancs de roches à fleur d'eau, barrages-rapides.

Par 3° 16′ 30″ lat. N. et 15° 32′ 44″ long. E., se trouve le rapide de *N'Gongo,* et par 3° 20′ lat. N. et 15° 29′ 14″ long. E., le rapide de *Lipa;* c'est le passage le plus difficile à franchir. Au-dessus de ce point la Sangha a 100 mètres de largeur environ; dans un coude brusque elle se trouve resserrée entre des montagnes à pic et n'est plus large que de 80 mètres.

Plus en amont, la rivière se grossit sur la rive droite de la *Kallé*. Par 3° 30′ 15″ lat. N. (1) et 15° 19′ 51″ long. E., elle est formée par deux bras importants: la *Likélé* ou *Ekéla*, dont la direction est nord-est, et la *Massiéba* ou *Massiépa,* venue du nord-nord-ouest.

M. Gaillard a remonté d'abord la Likélé jusqu'à 3° 42′ lat. N. et 15° 21′ 14″ long E., puis la Massiéba jusqu'à 3° 31′ lat. N. et 15° 15′ 14″ long. E. Il a été arrêté dans la navigation de ces deux rivières par suite de l'état des eaux. De nombreuses digues de cailloux émergeaient. A l'époque des crues, c'est-à-dire d'août à décembre, les steamers pourraient peut-être remonter la Sangha au delà du point atteint par MM. Gaillard et Husson.

Au delà de 3° 42′ lat. N., la Likélé reçoit à droite la rivière *Sodi,* puis un autre cours d'eau au sud du village de Nzaouré. Par 4° 20′ lat. N., commencent les rapides; ils ont une longueur de 15 milles environ. Les rapides de Bania semblent les plus importants; ils forment une succession de sauts et de tourbillons. De chaque côté des rives, des bancs de roches à moins d'un mètre de profondeur ne permettent pas de profiter des contre-courants pour remonter, de sorte qu'en réalité toute l'eau passe dans un canal d'environ 30 mètres de large en formant une immense crête écumeuse. C'est sur cette ligne de faite qu'il faut se maintenir pour éviter d'être pris dans d'immenses tourbillons en

(1) Le Journal officiel de la République Française du 30 septembre 1891, p. 4718, renseigne 3° 40′ lat. N.

entonnoir. La vitesse du courant est de 6 nœuds. Au pied du rapide, qui n'a pas moins de 300 mètres de long, la profondeur dépasse 30 mètres. Lorsque les eaux sont hautes, le passage doit être moins difficile, parce qu'on pourrait passer le long des rives. Par 4° 30′ lat. N., donc en amont des rapides, la rivière présente un bief navigable par vapeurs. Ce bief a été descendu par Fourneau depuis 5° 30′ lat. N. Au dire des indigènes, il se prolonge encore de 2 degrés plus au nord (1). En tout cas la rivière est sillonnée par les pirogues, jusque 6° 30′ lat. N., point extrême atteint par M. Fourneau. On sait que le coude de l'*Oubangi* est par 5° 7′ 20″ lat. N.

La Sangha, dont le cours est déterminé sur une longueur de 800 kilomètres environ, est, comme dit M. Gaillard, une importante voie de pénétration dans le Soudan. C'est ce qu'avait pressenti, il y a cinq ans, avec beaucoup de sagacité, M. Wauters, directeur du *Mouvement géographique,* un des savants les plus versés en géographie africaine.

Les Portes de Fer et leur régularisation (2). — Dans son cours de 2800 kilomètres, le Danube traverse des plaines et des plateaux. En plusieurs endroits cependant il est resserré par des reliefs au travers desquels il s'est frayé un passage. Ce sont les contreforts des Monts de Bohême et du Hausrück ; puis l'enchevêtrement des petites Carpathes et des hauteurs de la Leitha ; enfin au sortir de la plaine hongroise, en aval de Bazias, les gorges fameuses connues sous le nom de *Portes de Fer.*

Leur longueur est de 90 kilomètres d'Alibeg à Sip, en aval d'Orsova. Les parois des crêtes qui étreignent le fleuve se dressent parfois à 600 mètres. Les eaux, repoussées par d'énormes blocs, ne forment que rapides, tourbillons et brisants.

D'amont en aval, l'ensemble de la *Klissura* se subdivise en plusieurs passages : la Petite Porte de Fer, le bassin de Milanovacz, la gorge grandiose de Kazan et la Grande Porte de Fer.

Dans la Petite Porte de Fer on rencontre successivement la traînée d'écueils de Sztenka, longue de 760 mètres ; aux eaux basses on est obligé de transborder voyageurs et marchandises ; le fleuve a ici une largeur de 950 mètres. Quinze kilomètres en aval, près de Drenkova, les bancs de Kozla et de Dojke ; enfin

(1) Ibid., *loc. cit.*, même page.

(2) Par E. Dolet. *Revue française de l'étranger et des colonies,* t. XIV, pp. 240-247.

les hauts fonds rocheux d'Izlaz et de Tachtalia, et les rapides de Greben.

On entre alors dans le bassin de Milanovacz, immense évidement de plus de 2 kilomètres de largeur, et en aval des rapides de Jutz, dans le défilé de Kazan; le Danube n'y mesure plus que 150 ou 160 mètres entre ses rives, mais sa profondeur atteint de 42 à 75 mètres.

Près de la frontière roumaine, à Sip, s'ouvre le plus dangereux défilé danubien, la Grande Porte de Fer. Six mois de l'année seulement le passage est praticable aux navires. Le site est moins sauvage et le fleuve plus large qu'à Kazan; mais le lit tout entier n'est qu'un seuil de récifs compacts formant une série de tourbillons et de rapides.

En aval de la Grande Porte de Fer, le Danube s'élargit soudainement et ouvre à la navigation une magnifique voie fluviale.

Plusieurs fois déjà on a cherché à vaincre les obstacles que les navires rencontrent dans le fleuve. Dès la fin du XVIII^e^ siècle, on s'occupe de la canalisation des Portes de Fer. Vers 1834, le comte Stefan Szechenyi, celui qu'on a surnommé le " grand Hongrois „, s'attela résolument à la solution du problème. Aidé des lumières de deux ingénieurs, il élabora un plan qui reçut un commencement d'exécution au banc rocheux de Dojke. Ce plan repose sur des études si sérieuses qu'il a servi en grande partie de base au projet de régularisation actuel. C'est à l'Autriche-Hongrie que le congrès de Berlin (art. LVII) a confié l'exécution de cette grande œuvre; mais les travaux n'ont commencé qu'en septembre 1890.

Il s'agit : 1° de débarrasser les sections de Sztenka, de Kozla, de Dojke, d'Izlas, de Tachtalia et de Jutz, des nombreuses roches qui émergent du lit du fleuve; 2° de pratiquer la même opération aux rapides de Greben et d'augmenter le tirant d'eau en rétrécissant certaines sections au moyen de digues de pierre : 3° de contourner les cataractes de la Grande Porte de Fer par le creusement d'un canal dans les roches de la rive droite.

Les ingénieurs rencontreront les plus grosses difficultés aux rapides de Greben et de la Grande Porte de Fer.

De Greben à Milanovacz, il faudra une digue régulatrice de 75 kilomètres de longueur sur une largeur en couronne de 3 mètres. Ce travail représente un jet de pierres de 600 000 mètres cubes.

En amont de la Grande Porte de Fer, les obstacles que présentent les récifs seront surmontés au moyen d'un canal de

60 mètres de largeur au fond sur 2 mètres au moins de profondeur.

Dans la Grande Porte de Fer même, il ne suffit pas de canaux et de digues. L'écueil " Prigrada „ long de 1050 à 1690 mètres, traverse le fleuve diagonalement dans la direction du sud-est. En amont et en aval émergent différentes roches qui augmentent le nombre des tourbillons et des remous. Le courant est ici de $4^{m},2$ par seconde à l'étiage; la profondeur atteint à la rive gauche 80 et 95 mètres.

On contournera l'obstacle par un canal découvert de 80 mètres de large sur 2200 mètres de long. Ce canal, creusé sur la rive droite, sera séparé du fleuve par des digues. C'est un mouvement d'un million de mètres cubes de pierres.

Le coût total de l'entreprise est évalué à 9 millions de florins. Cette dépense, fût-elle sensiblement dépassée, sera couverte par les énormes profits qu'en retireront l'Autriche-Hongrie et tous les États riverains du Danube.

Une conséquence très importante de la régularisation des Portes de Fer, ce sera un écoulement plus rapide des eaux à l'époque des crues et une diminution probable dans le nombre des inondations, non seulement sur la Theiss inférieure, mais encore à Budapest même, où le gonflement de cette rivière a souvent pour effet de faire sortir le Danube de son lit.

L'année cartographique. Supplément annuel à toutes les publications de géographie et de cartographie. Premier supplément, octobre 1891. — Paris, *Hachette.*

Cet utile et intéressant travail est dressé et rédigé sous la direction de M. F. Schrader, le directeur des travaux cartographiques de la librairie Hachette, le collaborateur de Vivien de Saint-Martin pour son atlas universel de géographie et un des auteurs de l'atlas de géographie moderne.

Tous les ans paraîtra un fascicule. Il comportera plusieurs cartes très bien faites. Celui que nous signalons en renferme trois : l'Asie, l'Afrique et l'Amérique. On y trouve soit la carte générale des continents à très petite échelle, soit les itinéraires des principales explorations qui se sont faites en 1890.

1890 ! dira-t-on ; ce n'est plus tout à fait récent. Sans doute. Mais ne convient-il pas de tenir compte du travail qu'exige une pareille publication ? Il est à supposer d'ailleurs que les fascicules suivants ne paraîtront plus à la fin de l'année.

On objectera aussi que les itinéraires inscrits sur les cartes ne sont pas inédits. Mais M. Schrader n'a pas la prétention de

faire défiler devant nous de merveilleuses trouvailles. Il a tout bonnement voulu centraliser dans quelques pages, et il le fait avec talent, les faits et les découvertes disséminés dans un grand nombre de revues françaises et étrangères et qui doivent laisser une trace dans la géographie générale.

Le verso de chaque carte est accompagné de notices succinctes. Elles se rapportent aux événements géographiques de 1890. Nous y lisons les noms de MM. Schrader, D. Aïtoff, Ch. Rabot, Emm. de Margerie (excellente notice sur la nouvelle carte topographique des États-Unis), Victor Huot et D. Kaltbrunner.

Dans la notice consacrée au voyage de M. E. Bonvalot et du prince Henri d'Orléans au Thibet et dans l'Asie centrale, et signée du nom de M. Schrader, nous regrettons de ne point voir cité le R. P. De Deken. Le missionnaire belge fit la traversée de l'Asie avec les deux explorateurs français et ne leur fut pas précisément à charge. Il est du devoir du critique de rectifier cet oubli, pas volontaire, nous en avons l'assurance, et de signaler à M. Schrader qui les ignore sans doute, parce qu'elles sont consignées dans deux revues toutes modestes (1), les notes prises par le religieux au cours du voyage. Elles sont intéressantes et dénotent un judicieux esprit d'obversation.

Une dernière remarque. M. Kaltbrunner dit que le capitaine belge Van Gele a relié définitivement l'Oubangi à l'Ouellé-Makoua, véritable branche-maîtresse de l'Oubangi. Nous serions charmé d'apprendre sur quelles données scientifiques est basée cette affirmation. D'après les constatations précises de l'officier belge, l'Oubangi est formé, par 4° 7′ 49″ lat. N. et 22° 36′ 2″ long. E. Gr., de deux bras, le *M'Bomou* et le *Kayou (Makoua* de Junker, *Ouellé* de Schweinfurth). De ces deux bras, le plus important, c'est-à-dire celui qui a le plus fort débit, ne doit-il pas être considéré comme la branche-maîtresse de l'Oubangi ? Or, le M'Bomou a un débit de 1000^{mc}, et le Kayou de 850^{mc} seulement à la seconde.

Nous concevons les préoccupations politiques qui hantent le cerveau de M. Kaltbrunner. Mais est-ce une raison pour avancer des faits scientifiquement inexacts ?

F. Van Ortroy,
lieutenant de cavalerie.

(1) *Bulletin de la Société royale belge de géographie*, 1891, mars-avril, pp. 129-146 et 1 carte extr. du *Bull. de la Société de géographie de Paris*. — *Missions en Chine et au Congo*. Bruxelles, Polleunis, in-4°, n° 29, juin 1891, pp. 453 et sqq. avec fig. *(A continuer)*. Une carte est jointe au n° 32, septembre 1891.

CHRONIQUE AGRICOLE.

Les parasites de l'agriculture. Le Bombyx moine et la Cécidomie du froment. Les Pucerons et les Thrips. Les Tipulaires. L'ergot et la carie. Nouveaux remèdes contre les parasites des récoltes. — Rendement de la récolte de 1891. — La Bouillie bordelaise. — L'enseignement de la laiterie. — L'alios.

Nous avons signalé l'an dernier les ravages occasionnés dans les Campines limbourgeoises et anversoises par un parasite de l'ordre des Lépidoptères, peu connu jusqu'ici en Belgique, *le Bombyx monacha,* classé tour à tour dans différents genres par les naturalistes de cabinet qui semblent vouloir reproduire le miracle de la confusion des langues en multipliant la synonymie et les noms barbares, sans aucun profit pour la science.

Heureusement ces ravages, dont on redoutait le développement cette année en Belgique, ne se sont pas étendus; au contraire, l'été pluvieux paraît avoir entravé le développement des chenilles qui sont mortes en grand nombre avant la dernière mue.

Par contre, nos céréales, gelées pendant l'hiver si rigoureux de l'année dernière, ou semées tardivement au printemps, ont beaucoup souffert des attaques de divers parasites, tels que les Cécidomies, les Thrips, les Pucerons dont on a confondu à tort les sécrétions sucrées avec le miellat (1).

Bon nombre de journaux ont annoncé que nos céréales, particulièrement nos froments d'été, étaient sérieusement attaqués par la mouche de Hesse. C'est une erreur. Le nom de mouche de Hesse a été donné par les Américains du Nord à un autre Tipulaire qui s'attaque aux chaumes et ne pond pas dans les épis. Les ravages de ce dernier sont plus redoutables, parce que la larve épuise complètement la plante en drainant la sève à son profit. Éclose à la base de l'épi, elle descend bientôt dans le premier entre-nœud, le perfore et continue ses ravages d'étage en étage jusqu'à ce qu'elle ait atteint les racines entre lesquelles elle se métamorphose. Il n'en est pas de même de la Cécidomie du froment *(tritici),* qui ne quitte l'épi que pour s'élancer à terre.

(1) Voir le *Journal de la Société centrale d'agriculture,* séance du mois de novembre 1891, p. 23.

Lorsque le blé est à peu près mûr, cette larve se courbe en arc et se détend comme un ressort pour bondir sur le sol où elle hiverne. Cependant la *Cecidomia aurantiaca,* qui parait n'être qu'une *variété* de *C. tritici,* se métamorphose dans l'épi entre les glumelles. On l'a observée cette année, particulièrement dans les Flandres.

Le gros *Traité de Zoologie agricole* de M. Brocci, ouvrage classique en France, ne distingue pas la Cécidomie destructrice de la Cécidomie du froment. C'est une confusion impardonnable dans un traité aussi récent et aussi volumineux qui s'adresse aux agriculteurs. Car il importe de remarquer que les moyens de destruction préconisés contre la Cécidomie destructrice de la tige sont beaucoup moins efficaces contre la Cécidomie du froment (de l'épi). En effet, si l'on brûle les chaumes sur place, on a beaucoup de chance d'atteindre la larve de la première, qui s'est logée au pied de la tige; tandis que la larve de la seconde s'enfonce dans le sol à l'endroit même où elle tombe. Le vrai remède, le seul efficace, consiste à produire des céréales à maturité hâtive, car la larve des Cécidomies ne prospère que lorsqu'elle trouve à sa portée du *lait* végétal, c'est-à-dire des grains mous, gonflés de sucs; or, comme la femelle éclot toujours vers la même époque (2me quinzaine de juin) et ne pond qu'au moment où l'épi sort du fourreau (1), il va de soi que tous les épis qui ont dépassé cette première phase de leur évolution échappent aux atteintes du parasite. — Les froments d'hiver semés au printemps sont naturellement les plus attaqués cette année, ainsi que les froments d'été semés trop tardivement à cause de la durée anormale de l'hiver. Le seigle est généralement indemne. L'orge et l'avoine sont attaqués dans certaines régions, mais les dommages sont peu considérables.

Toutes nos céréales sont attaquées par les *Thrips* et les Pucerons qui, sans être aussi redoutables que les Tipulaires, contribuent à l'épuisement des épis. Ces Thrips, d'un jaune-orangé dans le jeune âge de la larve, sont confondus souvent avec la larve de la Cécidomie. Cependant il est facile de les distinguer. La larve de la Cécidomie manque de pattes, comme toutes les larves de Cousins et de Tipules, tandis que le Thrips a trois paires de pattes et devient noir à l'état parfait. Certaines espèces de Thrips sont de redoutables ennemis de nos plantes cultivées, notamment le Thrips du lin, bien connu des cultivateurs du nord de la France et de la Flandre.

(1) D'après certains auteurs, dans les trois jours qui suivent l'apparition de l'épi.

On a préconisé avec raison le déchaumage immédiat après la moisson pour entraver le développement de tous les parasites dont les larves vivent dans le sol. Cette pratique présente d'ailleurs bien d'autres avantages connus des agriculteurs. L'alternance des récoltes, en d'autres termes un bon assolement, contribue aussi très efficacement à la destruction des parasites des céréales.

Les naturalistes signalent un grand nombre d'espèces de Cécidomies ou de Tipulaires *gallicoles* qui s'attaquent aux plantes cultivées. Presque tous ces petits cousins volent en essaim nombreux à la tombée du jour, comme leurs congénères. Ceux du froment, d'un jaune citron, prennent leur essor vers le milieu de juin (du 15 au 20 ordinairement) et déposent leurs œufs dans l'épi au moyen d'une longue tarière, fine comme un cheveu. Cette tarière est introduite avec une précision merveilleuse entre les glumes des épillets, juste à l'endroit où le germe du grain va se développer. La ponte a lieu surtout dans les derniers jours de juin et les premiers jours de juillet. On trouve généralement dans les épis de 5 à 20 œufs. Les parties de l'épi qui contiennent ces larves produisent des grains bossus ou contournés où le son prédomine sur la farine. Nous n'insisterons pas sur ces détails, qui sont déjà connus des agriculteurs instruits. Nous nous bornerons à faire remarquer que la tribu des *Tipulides,* à laquelle la Cécidomie appartient, se subdivise en deux familles: les Tipulaires *gallicoles,* qui produisent des excroissances sur un grand nombre de feuilles, comme la Cécidomie du hêtre et du tremble, et les Tipulaires *fungicoles,* à ailes noires ou enfumées, parmi lesquelles se range le *ver militaire* ou *ver processionnaire,* dont les larves qui naissent dans la résine du pin se réunissent en masses telles qu'on leur a donné en Allemagne le nom d'*armées de serpents* (Heerschlange).

Rien de plus étrange que les migrations de ces larves agglomérées qui se déroulent sur le sol des forêts comme les anneaux d'un véritable serpent de plusieurs mètres de longueur. Les larves elles-mêmes n'atteignent pas huit millimètres, ce qui donne une idée de l'importance de ces colonnes ambulantes à la recherche d'une pâture.

Certaines espèces s'attaquent aux fruits à pepins. D'autres paraissent contribuer dans la zone torride à la diffusion des germes de la fièvre jaune (1).

(1) *Les Microbes et la vie,* par M. Proost. REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, 1889, p. 470.

Les pucerons ont pris cette année un développement extraordinaire, favorisé par l'humidité et la chaleur de ces derniers mois. Ces insectes résistent aux diverses causes de destruction par leur fécondité inouïe. C'est chez les pucerons que le philosophe Bonnet découvrit au XVIIe siècle le curieux phénomène de la parthénogenèse. S'il faut en croire certains observateurs, leurs œufs gèleraient pendant les hivers les plus rigoureux sans préjudice pour la vitalité des germes qu'ils contiennent.

Dans la province du Luxembourg, les ravages du *Chlorops lineata* et du *Cephus pygmée* paraissent avoir été plus considérables que ceux de la Cécidomie. Nous avons figuré et décrit le Céphus, hyménoptère voisin des mouches à scie ou Tenthrédines, dans le tome XIXe de cette *Revue*. Il s'est attaqué particulièrement à l'épeautre cette année, mais ses larves ont été détruites en grand nombre par son parasite, le *Pachymerus calcitrator*. Le Chlorops s'est attaqué aux froments de printemps dans un certain nombre de communes de l'Ardenne luxembourgeoise; on a évalué ses dégâts du cinquième au tiers de la récolte. Il vit également à la base de l'épi; sa larve jaune et sans pattes descend le long de la tige en y traçant un sillon jusqu'au premier nœud, où elle subit la nymphose. L'insecte parfait éclot en septembre et la femelle pond sur le blé qui lève. La larve s'attaque alors aux racines et se métamorphose en mouche à la fin du mois d'avril; cette fois la femelle dépose son œuf à la base de l'épi encore enroulé dans sa gaine.

Le Chlorops et le Céphus sont entravés dans leur multiplication par des parasites de la famille des Ichneumons qui pondent leurs œufs dans les larves dès que celles-ci commencent à se charger de graisse. Plusieurs espèces d'Ichneumonides s'attaquent aux larves des diverses espèces de Cécidomies et contrebalancent leur développement excessif.

L'année 1891 présente un intérêt tout particulier au point de vue de l'entomologie agricole. En effet, si l'hiver exceptionnellement rigoureux de 1890-91 (novembre, décembre et janvier) a entravé l'éclosion d'un certain nombre d'espèces communes, il n'a apporté aucune entrave au développement ou à la métamorphose d'autres espèces, comme les hannetons, dont on a observé les éclosions successives depuis mai jusqu'en juillet; ainsi que de certains Lépidoptères, comme le *Bombyx neustria* des arbres fruitiers et diverses espèces de *Piérides* communes, notamment la *Piéride du chou*, qui s'est multipliée d'une façon extraordinaire à la fin de l'été, au point de dévorer les feuilles de toutes les

variétés de choux dans les potagers. — Les ravages causés par les divers parasites aux céréales et aux betteraves ont été fort exagérés. Un cultivateur de betteraves du nord de la France a découvert, sans s'en douter, un moyen des plus efficaces pour détruire le ver blanc dans les terres à blé et à betteraves où il pullule trop souvent; il consiste à enfouir dans le sol des chiffons imprégnés de pétrole, par exemple les résidus des fumisteries des chemins de fer et des usines; les larves des Taupins et les vers gris, c'est-à-dire de la Noctuelle des moissons et de la *Plusia gamma,* seraient également détruits par ce moyen (1).

Les céréales d'hiver et de printemps, semées ou ressemées après l'hiver, ont donné un rendement inespéré, en dépit des pluies prolongées de l'été. De l'avis de beaucoup de cultivateurs, la saison pluvieuse a favorisé le développement des céréales semées tardivement, beaucoup mieux qu'une saison sèche, qui les aurait infailliblement brûlées sur pied. Cependant on a constaté, dans certaines régions sablonneuses et limoneuses, que le blé d'hiver semé au printemps, à défaut de blé de mars, n'ayant pas tallé régulièrement, s'est desséché avant la maturité par suite de la décomposition des radicelles. La fécondation de certaines variétés de froment ayant été entravée par la pluie, les étamines se sont desséchées dans les glumelles; leur couleur jaune et leur forme ont permis de les confondre avec des larves de Cécidomies. Le jaunissement prématuré de l'épi et le racornissement des grains de blé coïncidant avec la présence de la larve orange du *Thrips* logé dans le sillon longitudinal du grain, a fait croire également, nous l'avons dit, à la présence de la Cécidomie. Toutefois l'on ne peut nier que le racornissement du grain ne soit occasionné en partie par le Thrips qui suce le *lait* végétal avant la maturité.

Dans les Flandres et dans la Campine, l'*ergot* et la *carie* ont causé plus de ravages aux céréales que les divers insectes. L'ergot, qui s'attaque de préférence au seigle, s'est développé d'une façon anormale cette année sur le froment. Mélangé à la farine, ce parasite végétal peut engendrer de graves accidents par l'alcaloïde vénéneux qu'il contient. La carie s'est développée surtout sur les froments d'été de provenance américaine. La rouille s'est attaquée à diverses céréales ainsi qu'aux graminées

(1) On préconise beaucoup le mélange de savon noir avec le pétrole pour détruire directement les insectes par l'arrosage. Cependant plusieurs insectes résistent à l'action de ces substances.

de prairies. En général toutes nos plantes cultivées ont été sujettes aux maladies cryptogamiques engendrées par un été pluvieux.

La maladie de la pomme de terre a occasionné notamment de grandes pertes dans certaines régions limoneuses ou dans les sols d'alluvions, mais l'apparition du fléau a été conjurée partout où l'on a fait usage avec discernement de la bouillie bordelaise. C'est là un fait d'une importance considérable pour l'agriculture.

Des expériences particulièrement intéressantes ont été faites dans les Flandres par M. le V^te^ Vilain XIIII et par M. Thienpont.

M. Vilain XIIII constate que dans la région des polders de l'Escaut, le rendement moyen de la pomme de terre traitée par la bouillie a été le double de celui des pommes de terre non traitées.

M. Thienpont relate l'expérience suivante, qui a été faite dans des conditions de précision remarquables :

Quatre variétés soumises à l'essai. Engrais : 2500 kil. de fumier d'étable et 400 kil. de superphosphate 14/15 avant labour. La plantation a été faite le 16 avril, et le 2 mai 300 kil. de nitrate de soude ont été donnés en couverture, le tout calculé à l'hectare.

Les lignes ont été tracées à 0,60, et les semences placées à 0,50, soit 33000 plans à l'hectare.

Levée régulière, végétation luxuriante. Quatre aspersions à la bouillie bordelaise (arrosage : 2 kil. sulfate de cuivre, 1 kil. chaux par hectolitre d'eau) : la première, le 30 juin; la deuxième, le 18 juillet; le troisième, le 8 août ; la quatrième, le 27 août.

Quantité de bouillie employée : 10 hectolitres par traitement et par hectare.

Le reste du champ, sulfaté avec de la bouillie à 1 1/2 kil. sulfate de cuivre, n'a pas donné de moins bons résultats que la partie traitée à 2 kil.

1^re^ variété, rouge indigène ; tubercules sains. Lignes non aspergées : 8680 kil. Lignes aspergées : 25240 kil.

2^e^ variété, Simpson ; tubercules sains. Lignes non aspergées : 32040 kil. Lignes aspergées : 37160 kil. — Pas de maladie ; cette variété est peu sujette aux attaques du *Peronospora*. Il importe de remarquer que la parcelle aspergée a végété plus longtemps et plus vigoureusement, ce qui explique l'excédent en tubercules. Il serait très intéressant de déterminer la cause de cette différence, qui n'est point due à la maladie.

3^e^ variété, Ryckmaekers ; tubercules sains. Lignes non aspergées : 13360 kil. Lignes aspergées : 28000 kil.

4e variété, profess. Ochmichen ; tubercules sains. Lignes non aspergées : 15 920 kil. Lignes aspergées : 23 450 kil.

Dans la Campine, l'emploi de la bouillie a donné les résultats suivants :

VARIÉTÉS :	RENDEMENT A L'HECTARE :	
	Parcelle traitée à la bouillie bordelaise	Parcelle non traitée
Rouge de Campine	25 213	18 100
Boules françaises	26 920	20 433
Rouges avec fleurs blanches .	28 970	22 015
Farineuses rouges	21 800	19 240
Junon.	23 320	14 850
Ryckmaekers	19 440	13 530

Ce sont là, nous le répétons, des résultats tout à fait inespérés, qui permettent d'affirmer que l'on tient enfin le remède de la maladie des pommes de terre : problème dont certains agronomes considéraient la solution comme impossible, après de longs essais infructueux. Il convient d'ajouter que le Ministère de l'agriculture a été des premiers à préconiser et à vulgariser l'emploi de ce procédé dans nos campagnes, alors que son efficacité était encore révoquée en doute par la majorité des cultivateurs.

Le département de l'agriculture, en Belgique, a contribué également pour une large part à la fondation des sociétés coopératives, qui se multiplient rapidement dans le pays agricole par les conférences populaires, les cours temporaires d'agriculture et de laiterie. Aujourd'hui plus d'une centaine de jeunes filles ont conquis le diplôme octroyé par les écoles de " laiterie. „

Le gouvernement cherche par tous les moyens possibles à vulgariser les nouveaux procédés de fabrication de beurre et de fromage, qui ont conquis au Danemark l'important marché anglais dont nous étions les maîtres, il y a quelque trente ans. Il a compris que le meilleur moyen d'atteindre le but, c'est de donner cet enseignement aux filles de nos fermiers qui font leur éducation dans les pensionnats. Ces jeunes filles, à leur retour au foyer paternel, introduiront les nouveaux procédés dans les exploitations à la tête desquelles elles se trouveront placées plus tard.

Les pensionnats pour filles de Virton (1) et de Gysegem (2) possèdent un cours complet de laiterie. Le gouvernement en a également organisé récemment dans les pensionnats de La Hulpe (3), de Heule (4), de Brugelette (5) et de Oosterloo (6). Les élèves sont initiées à tout ce qui concerne le traitement du lait et sa transformation en beurre et en fromage. Elles prennent goût à ces cours et elles considèrent comme une faveur que leur font les maîtresses de pouvoir suivre les leçons. On a donc tout lieu de croire que les résultats seront profitables à notre agriculture. Quoi qu'on en dise, le rôle d'une fermière intelligente au courant des procédés nouveaux basés sur les faits acquis par la science est d'une importance capitale et doit concourir incontestablement à la rénovation agricole.

Si la récolte des céréales a dépassé les espérances des cultivateurs, il n'en a pas été de même, en Belgique, de la récolte du lin et du houblon, qui contribuaient pour une si large part à la prospérité de nos Flandres. La récolte du lin est universellement mal réussie. Quant à celle du houblon, évaluée sur pied à une bonne demi-récolte, elle atteint à peine un tiers (7). Le rendement moyen des betteraves à sucre est évalué à 26 300 kil., soit une diminution de 22 p. c. sur la récolte de l'an dernier; mais l'analyse accuse une augmentation de richesse en sucre.

RENDEMENT COMPARÉ :

Anvers et Flandres :	1890-91	12 92	—	1891-92	13 79
Hesbaye, Condroz :	1890-91	11 67	—	1891-92	12 81
Hainaut :	1890-91	11 80	—	1891-92	12 78

L'hectolitre de froment en Belgique valait :

en	1887	(novembre)	fr. 18 45
„	1888	„	„ 21 20
„	1889	„	„ 18 52
„	1890	„	„ 19 93
„	1891	„	„ 23 84

(1) Luxembourg.
(2) Flandre orientale.
(3) Brabant.
(4) Flandre occidentale.
(5) Hainaut.
(6) Anvers (Campine).
(7) *Écho agricole de Courtrai.*

Ces données de la statistique comparée ne justifient pas les appréhensions manifestées par les agronomes protectionnistes dans ces dernières années; néanmoins on ne peut nier l'intensité de la crise agricole et la nécessité de venir en aide aux cultivateurs qui n'ont jamais été traités par la plupart des gouvernements européens sur le même pied que les industriels. *Militarisme et protectionnisme dérivent de la même cause,* et ne sont que des manifestations différentes de la lutte pour l'existence ou de la concurrence vitale entre les nations. N'est-ce pas une inconséquence de couvrir ses frontières de canons et de forteresses, et d'afficher en même temps la prétention d'ouvrir ses portes toutes larges à la concurrence agricole des peuples voisins qui produisent certaines denrées à meilleur compte que nos cultivateurs? Le libre échange est un idéal, comme le désarmement universel; mais aussi longtemps que celui-ci ne sera pas réalisé, celui-là ne sera qu'une utopie.

En terminant, signalons à nos lecteurs les remarquables expériences de MM. Emeis, Ramann et Muller, sur la formation et la composition du tuf ou alios qui forme dans nos Campines de véritables plaques imperméables dans le sous-sol.

Contrairement à ce que l'on croyait jusqu'ici, l'alios des bruyères est très riche en éléments fertilisants. Il est formé essentiellement d'humates et de silicates de potasse et de fer qui jouent le rôle de ciment vis-à-vis du sable.

D'après Schloesing, 1 p. c. d'humate de fer peut solidifier 99 p. c. de sable. Emeis affirme que l'alios est la *caisse d'épargne* de la bruyère, en ce sens qu'il fixe les acides organiques, filtrant à travers le sable de la bruyère, sur des bases alcalines fertilisantes comme la potasse. L'alios contient aussi des sels phosphatés, ainsi qu'un peu d'azote ammoniacal et souvent plus de 50 p. c. de carbone. Il contient donc beaucoup moins de fer qu'on ne le pense ; mais pour mobiliser et utiliser ses éléments fertilisants, il importe de le traiter par la chaux qui neutralise ses acides organiques.

Un agronome allemand prétend avoir découvert une nouvelle méthode pour l'analyse directe du sol arable par les végétaux, basée sur l'analyse chimique des plantes cultivées. Suivant cette méthode, on n'aurait plus à s'occuper des variations de rendement déterminées par l'apport des engrais ; on tiendrait compte uniquement des proportions d'azote, de potasse et d'acide phosphorique contenus dans les plantes.

Ces proportions augmenteraient corrélativement avec l'apport

d'engrais, quand le sol ne contient pas les proportions suffisantes pour les besoins de la plante. Au contraire, la plante absorberait une quantité à peu près invariable de ces éléments, quand ils se trouvent dans le sol en proportion suffisante. Nous ne voyons rien de bien neuf dans cette théorie, dont l'exactitude est d'ailleurs fort discutable. En effet, certaines plantes, comme la betterave, absorbent des sels en excès, comme les nitrates et les chlorures alcalins, quand on les place à leur portée dans le sol. De même les céréales qui reçoivent un excès d'engrais azoté, l'absorbent en excès. C'est ainsi que certaines orges, traitées au nitrate de soude, sont repoussées par les brasseurs parce qu'elles sont trop riches en principes albuminoïdes. Quoi qu'en disent les détracteurs de la doctrine des engrais chimiques, *l'analyse du sol par la plante* a rendu de très grands services à l'agriculture. C'est à elle que nous devons la découverte de la fixation de l'azote par une série de plantes cultivées et de l'assimilation de la potasse et de l'acide phosphorique insolubles, si longtemps niées par les chimistes.

AGRICOLA.

SYLVICULTURE.

Balivage des taillis sous futaie (1). — Dans notre dernier compte rendu des questions de sylviculture (2), il était constaté que, depuis un décret royal du 28 août 1890, l'Administration forestière belge vend et exploite ses coupes en deux opérations séparées, l'une pour le taillis, avec réserve des baliveaux de l'âge mais sans s'occuper de la futaie, l'autre pour le choix des arbres à réserver et à abattre et l'estimation en vue de la vente de ces derniers. Ce mode de procéder, plus rationnel et plus efficace pour la culture forestière comme pour la vente des produits, mériterait d'être au moins essayé en France. A cela plusieurs objections étaient opposées : confusions de responsabilités entre les acheteurs du taillis et les acheteurs de la futaie dans le même parquet, prolongation des délais d'exploitation et de vidange nuisibles au recrû; difficulté de choisir les baliveaux

(1) *Revue des Eaux et forêts*; HUFFEL, C. PÉJOUX, D'ARCY.
(2) *Rev. des quest. scient.*, octobre 1891.

séparément des grosses réserves; enfin, en cas d'insuccès des adjudications, nécessité d'abattre les futaies sur des taillis ayant déjà plusieurs années. — Depuis lors il a été répondu à ces objections par un argument de fait, à savoir que le système, avant d'être généralisé en Belgique par décret royal, avait été pratiqué partiellement depuis un assez grand nombre d'années et avec succès, sans que se soient produits les inconvénients signalés; à savoir encore que, même en France, à la vérité dans des forêts de particuliers, cette pratique subsiste en Bresse, en Franche-Comté, dans les Vosges, dans le Nord, dans la forêt d'Harcourt appartenant à la Société d'agriculture de France, et que sur tous ces points, comme en Belgique, on n'y trouve que des avantages.

Ajoutons que, dans le cas où des coupes d'arbres resteraient invendues après l'exploitation des coupes de taillis, on aurait la ressource de faire exploiter en régie pour vendre ensuite les produits façonnés. Le même inconvénient se présente du reste dans des conditions tout à fait analogues pour les dernières coupes principales des pleines futaies, sans que personne, pour cela, ait jamais songé à en changer le régime.

Exploitabilité des taillis.—D'après l'avis de M. Broillard (1), ancien professeur d'économie forestière à l'école de Nancy, ancien conservateur des forêts à Dijon, avis partagé du reste par tous les forestiers expérimentés, c'est une grande erreur, de la part des propriétaires de taillis situés sur des plateaux calcaires, d'exploiter ces taillis à 20 ou 25 ans, car c'est le moment où, en quelques années, leur valeur doublerait. Reculer l'âge d'exploitabilité jusqu'à 30 ou 35 ans, et réserver un grand nombre d'arbres hauts sous branches pour croître en futaie au-dessus du taillis. telle est la méthode la plus sainement culturale en même temps que la plus productive pour l'exploitation des taillis.

Invasion des forêts du centre de l'Europe par un insecte (2). — C'est un lépidoptère, vulgairement connu sous le nom de *Moine* ou de *Nonne*, et appelé par les entomologistes, tantôt *Bombyx* (3), tantôt *Liparis* (4), tantôt enfin *Psilura* (5)

(1) *Réveil de la Haute-Saône.* Compte rendu de la première réunion annuelle de la Société forestière de Franche-Comté.

(2) et (4) *Revue des Eaux et forêts*, septembre-novembre 1891. Chronique.

(3) *Les Ravageurs des Forêts*, par H. de la Blanchère, 5e édition, 1876.

(5) *Recherches sur les insectes ravageurs dans la Campine limbourgeoise,*

(sans doute plus récemment, car nous n'avons trouvé ce dernier nom générique ni dans les *Ravageurs des forêts* de La Blanchère, ni dans le *Dictionnaire d'histoire naturelle* de Pizzetta [1890] qui n'est pourtant pas bien ancien); mais ce nom générique, quel qu'il soit, est toujours accompagné du nom spécifique *monacha*. La chenille de ce papillon est verdâtre ou jaune, ponctuée de brun ou de rouge et garnie de poils de chaque côté et tout le long du corps. Depuis moins de deux ans, le *Moine* ou la *Nonne* a envahi successivement les forêts de la Bohême, de la Bavière, de la Hongrie, de l'Autriche, de toute l'Allemagne, principalement les forêts résineuses, bien que cet insecte n'épargne pas non plus les bois feuillus. C'est en Bohême et en Moravie que la première alerte a été donnée, vers la fin de l'automne de 1890, trop tard pour que l'on pût commencer à combattre efficacement le fléau. Dès le printemps suivant, on se mit à récolter les œufs et à détruire les chenilles. Vains efforts: *Moine* ou *Nonne,* le terrible lépidoptère n'en a pas moins étendu son invasion. Le gouvernement autrichien a dû prendre d'énergiques mesures pour avoir raison de cette forestière plaie d'Égypte qui, non efficacement combattue, entraînerait en peu d'années la ruine totale des nombreuses forêts de ce vaste pays. Car ce néfaste bombyx mange toute espèce de feuillage, celui de l'épicéa, comme celui du chêne, du hêtre, du bouleau, du pommier, et s'attaque même à l'Airelle myrtille. " Comme le feu, dit La Blanchère, il détruit tout partout où il passe. „ La Suisse a, de son côté, pris quelques mesures en vue d'une invasion possible. La Belgique n'est pas non plus demeurée inactive; ses *sapinières* (1) de la Campine ayant été visitées par la redoutable *Nonne,* ce *Liparis* a fait l'objet de savantes recherches par M. le Garde général Defrécheux, M. Proost, l'éminent inspecteur général de l'Agriculture, et M. le Dr Bamps. Il résulte de leurs observations que le *Liparis monacha* est moins malfaisant en Belgique qu'en Allemagne. Sa première apparition n'y remonterait qu'à 1890, et se serait

par le Dr C. Bamps, membre des Sociétés d'entomologie et de botanique de Belgique. 1890.

(1) J'emploie ici le terme usité en Belgique, bien qu'il s'agisse de forêts de pin sylvestre, la seule essence résineuse qui existe en ce pays à l'état de peuplements forestiers. Nous dirions, en France, des *pineraies*. C'est ce qui m'avait fait, naguère, chercher une petite querelle d'Allemand à mon très savant ami M. Proost, qui sait assurément, aussi bien et même mieux que moi-même, ne pas confondre le genre *Abies* avec les innombrables espèces du genre *Pinus*. J'ignorais alors que la dénomination de *sapinière* fût donnée par tout le monde savant, en Belgique, à nos *pineraies*.

manifestée, ainsi que celle d'autres insectes ravageurs des bois, à la suite de semis faits avec des graines provenant d'Allemagne. D'où l'on serait porté à se demander si des œufs des papillons ou des coléoptères qui vivent aux dépens des arbres des forêts, n'auraient pas été adhérents aux graines venues d'un pays où ils pullulent si facilement.

En tout cas, il ne paraît pas que l'on ait de grands motifs de craindre de voir l'invasion de la *Nonne* s'étendre beaucoup en France (1). Tout en s'attaquant également aux feuillus, tout en étant *polyphage*, cet insecte ne prend bien son développement que dans les forêts résineuses, principalement dans celles d'épicéa. D'autre part, il ne s'élève jamais dans les hautes altitudes, qui sont les seules, en France, où se rencontrent des massifs importants de cette dernière essence. Il n'est donc pas à craindre que, de la Bavière, l'un des principaux centres de l'invasion, un vol de papillons vienne s'abattre sur les sapinières des Vosges. Tout au plus pourraient-ils, en parcourant un chemin plus considérable, s'abattre sur les jeunes pineraies de la Champagne, de la Bourgogne, de la Sologne, et sur les pignadas des départements du sud-ouest. Mais, sauf ces derniers qui sont bien loin, tous ces massifs sont de création récente, ne contiennent pas de vieux arbres, et sont trop jeunes pour offrir au bombyx moine un milieu de propagation convenable. Si donc l'invasion qui désole en ce moment l'Allemagne forestière n'est pas impossible en France, elle est du moins peu probable. Néanmoins il sera bon, si elle vient à menacer, de prendre toutes les mesures propres à l'arrêter à ses débuts.

Les quinquinas des forêts et les quinquinas cultivés (2). — Lorsque, dans la première moitié du XVIII^e^ siècle, La Condamine eut découvert, aux environs de Quito, le *Cinchona officinalis*, c'est-à-dire l'arbre porteur de la précieuse écorce fébrifuge, l'exploitation de cet arbre merveilleux se propagea rapidement et ne tarda pas à se pratiquer sur une vaste échelle dans les forêts de la chaîne des Andes. Le Cinchona croît rarement de lui-même en massif, mais le plus souvent par pieds isolés, plus ou moins dissimulés sous une ample enchevêtrure de lianes, ce qui le rend presque impossible à trouver par d'autres que par les indigènes. La recherche, même par les gens du pays, en est longue et labo-

(1) *Rev. des Eaux et forêts*, décembre. DE GAIL.
(2) *Cosmos*, décembre 1891. LAVERUNE.

rieuse. Aussi dès qu'ils en ont trouvé un, ils s'empressent de l'abattre quel qu'en soit l'âge et sans se préoccuper de savoir s'il laisse, autour de la place qu'il a occupée, de jeunes semis pour en perpétuer l'espèce. En de telles conditions, la destruction entière et définitive d'une espèce si précieuse n'eût été qu'une question d'années ; et déjà le prix du produit principal de l'écorce du Cinchona, le sulfate de quinine, avait atteint, en 1880, le prix moyen de près de 450 francs le kilogramme.

Heureusement on s'est mis à cultiver cette essence, et des plantations faites successivement à Java, aux Indes et, plus récemment sur les versants de la Cordillère des Andes, ont multiplié déjà les pieds du Quinquina au point que le kilogramme de sulfate de quinine était descendu, en 1889, au-dessous de 50 francs, prix moyen. C'est dans la zone intertropicale que croît et prospère le *Cinchona officinalis ;* mais il lui faut une terre fertile et une altitude de mille à seize ou dix-sept cents mètres. L'exploitation rationnelle de l'écorce n'est pas sans quelque analogie avec celle du Chêne-liège. On se garde bien d'abattre l'arbre ; on lui enlève seulement, de proche en proche et à suffisants intervalles de temps, des bandes d'écorce dans le sens longitudinal ; et l'on recouvre l'emplacement de la bande soustraite avec de la mousse humide, qui protège le cambium, l'empêche de se dessécher et lui permet ainsi de sécréter une nouvelle écorce à la place de celle qui a été enlevée.

Incendies de forêts (1). — L'été de 1891 a été signalé par de nombreux incendies dans les forêts du midi de la France, de la Corse et de l'Algérie. C'est d'abord aux deux extrémités d'un pays forestier si coutumier du fait qu'on l'avait surnommé naguère *la région du feu ;* il est, de son nom véritable, le massif montagneux des *Maures* et de l'*Esterel,* sorte d'îlot de granit et de porphyre qui s'élève entre la mer, au sud, et au nord les derniers escarpements calcaires de la chaîne des Alpes méridionales, dans le département du Var, entre Toulon et les environs de Cannes. Dans cette région, sous de hautes futaies de châtaignier, de chêne-liège, de pin maritime et de pin d'Alep, croissent, en épais et inextricables fourrés, la bruyère arborescente, le lentisque, le nerprun alaterne, le ciste buissonnant ; pendant les grosses cha-

(1) *Rev. des Eaux et forêts,* septembre et novembre 1891. Chronique. *Des Incendies de forêts dans la région des Maures et de l'Esterel.* Ch. de Ribbes.

leurs de l'été, toute la ramille de ces sous-bois se dessèche; qu'une étincelle vienne alors tomber sur les feuilles et aiguilles mortes qui tapissent le sol, aussitôt la flamme envahit les arbrisseaux aux extrémités calcinées par la température estivale, et le feu, le plus souvent activé par le vent, envahit d'énormes espaces. C'est ainsi que les 10, 11 et 12 août, 1600 hectares de bois de particuliers, situés à l'extrémité occidentale du massif des Maures, au nord de Toulon, ont été détruits par l'incendie. Huit jours après, dans l'Esterel, à l'autre extrémité du massif, le feu éclatait, les 20 et 21 août, dans la forêt communale de Mandelieu, s'étendait dans les bois des particuliers et dévorait 1000 hectares de peuplements.

Peu de jours après, mais à l'extrémité occidentale de nos départements méridionaux, le feu se déclarait à onze heures du matin, le 27 août, en même temps dans les pineraies (1) de la Gironde et dans celles du département des Landes, près Biscarrosse. Dans les premières, l'incendie, causé par l'imprudence d'un charbonnier, et poussé par le vent du sud-ouest, avait, en trois heures, envahi dix kilomètres carrés, dévastant plusieurs communes, atteignant à mort une dizaine de personnes, et n'était arrêté, à onze heures du soir, que par une pluie torrentielle. Les pignadas des Landes n'ont pas moins souffert : 4000 hectares de bois en plein rapport ont été détruits dans la seule forêt de Biscarrosse.

Moins considérable a été l'incendie de la forêt communale d'Ajaccio et des domaines Cunéo d'Ornano et Pozzo di Borgo, où, grâce à l'intelligente activité des agents forestiers, le feu a été circonscrit sur cinq hectares de maquis et d'oliviers. C'est également la direction imprimée par le service forestier à la marche du fléau qui a eu raison des incendies des cantonnement de Boghar et de Médea, en Algérie, mais après quels désastres ! 8500 hectares de forêts dans le premier, et 13 000 dans le second ont été, dans le courant d'août, la proie des flammes.

C. DE KIRWAN.

(1) *Pineraie*, terme générique s'appliquant à toutes les forêts de pins sans distinction de variétés ou d'espèces. — *Pignada* se dit d'une pineraie composée de pins maritimes, *P. maritima*, ou de pins parasols, *P. pinea*.

NOTES

Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris, t. CXIII, octobre, novembre et décembre 1891.

N° 14. **L. de la Rive**. La valeur de la tension, dans le diélectrique, est celle que l'on obtient en calculant la quantité de mouvement du fluide électrique, supposé incompressible. **A. Rodet** et **J. Courmont**. Il existe simultanément, dans les cultures du staphylocoque pyogène, une substance vaccinante précipitable par l'alcool et une substance prédisposante soluble dans l'alcool.

N° 15. **Amagat** fait connaître graphiquement et dans des tableaux numériques un nouveau réseau d'isothermes de l'acide carbonique contenant : 1° de dix en dix degrés (et en outre, pour les températures de 137, 198 et 258 degrés), et pour les pressions de 50 à 300 atmosphères, de 25 en 25 atmosphères, de 300 à 1000 atmosphères, de 50 en 50 atmosphères, les valeurs du produit de la pression par le volume du gaz; 2° un tableau supplémentaire, donnant le même produit pour 33 pressions diverses, de 31 à 110 atmosphères, pour des températures variant de 10 à 100 degrés, notamment pour 30, 32, 35 degrés, qui avoisinent le point critique. De nombreux essais ont prouvé qu'il est extrêmement difficile de déterminer exactement le point critique en observant directement la température à partir

de laquelle la liquéfaction n'a plus lieu. **P. Stroobant** : L'équation personnelle varie avec le sens du mouvement de l'astre, avec la grandeur du disque observé, etc. **F. Osmond** : Le silicium peut se combiner au fer avec dégagement de chaleur; mais le composé formé est dissocié par un excès de fer. L'aluminium, dans les conditions où l'emploie la métallurgie du fer, se dissout dans le fer fondu avec absorption de chaleur. Si, en pratique, on observe le phénomène inverse, c'est qu'il y a réduction de l'oxyde de fer dissous par l'aluminium.

N° 16. **H. Becquerel** : La théorie de Fourier représente très fidèlement la propagation de la chaleur dans la couche superficielle du sol, et l'on peut déduire de l'observation des températures souterraines le coefficient de conductibilité de cette couche pour des conditions d'humidité déterminées. Une épaisseur convenable de terre protège les racines des plantes contre un coup de froid brusque, mais elle ne peut plus être efficace contre les effets d'un froid prolongé, quoique peu intense, car alors l'abaissement de température se propage plus lentement, il est vrai, mais se fait sentir plus profondément en terre. **F.-P. Le Roux** : La cause de la diathèse rhumatismale réside dans l'envahissement de l'intestin par des masses zoogléiques (glaires intestinales). **Berthelot** signale les états allotropiques de l'argent, trouvés par Carey Lea, dont quelques échantillons (contenant peut-être d'ailleurs deux ou trois pour cent d'autres matières) ont une couleur d'or ou une couleur de pourpre. **G. Darenberg** : Le sérum d'une espèce animale possède le pouvoir de détruire les globules rouges du sang d'un animal d'une autre espèce et aussi celui de détruire certains microbes. Le sérum perd son pouvoir globulicide par un chauffage de 50 à 60 degrés, par l'action de la lumière diffuse, pendant huit à dix jours, par celle de l'ail pendant quelques heures. Le sérum globulicide et le sérum non globulicide ont même alcalinité. **C. Phisalix** : Le chromatophore des Céphalopodes est une sphère pigmentaire élastique dont les mouvements d'expansion sont déterminés par la contraction de muscles disposés en rayons à son équateur, et qui revient à l'état sphérique dès que la contraction a cessé. **Tondini** : Le synode général des Arméniens catholiques a décidé, en principe et à l'unanimité, l'adoption du calendrier grégorien, à la place du calendrier julien.

N° 17. **Poincaré** : On peut étendre à un excitateur quelconque les résultats de Hertz relatifs à l'état du champ électromagnétique et à la radiation de l'énergie. **P. Duhem** : Les

études expérimentales de H. Gilbault vérifient une relation qui se déduit de celle que Gibbs a établie entre la force électromotrice et le potentiel thermodynamique total, plutôt que la formule postérieure de Helmholtz. **A. Charrin** : Des toxines, autres que la tuberculine de Koch, introduites en dose suffisante, peuvent produire la fièvre chez les tuberculeux et aussi chez ceux qui ne le sont pas. **Roger** produit une atrophie musculaire progressive, analogue à celle que l'on observe chez l'homme, par inoculation à des lapins de cultures atténuées du streptocoque de l'érysipèle. **R. Blanchard** : Les prétendus muscles rayonnants des chromatophores des Céphalopodes sont des fibres conjonctives.

N° 18. **Mascart** : L'aberration ne dépend que du rapport de la vitesse de l'observateur à celle de la lumière dans la région occupée par l'instrument, sans qu'il y ait à faire intervenir les modifications que pourrait éprouver la propagation des ondes lumineuses entre l'étoile considérée et la Terre. Les expériences faites à la surface de la Terre déterminent la vitesse de la lumière dans l'air et, par suite, dans le vide sur toute la trajectoire de la Terre. Les éclipses des satellites de Jupiter donnent, par différence, le temps que la lumière met à parcourir le diamètre de l'orbite terrestre. La concordance du résultat avec celui que l'on déduit des dimensions du système solaire, évaluées par d'autres méthodes, prouve ainsi que la propagation de la lumière est uniforme dans l'intérieur de la trajectoire terrestre. L'excentricité de l'orbite de Jupiter permettrait peut-être d'étendre le même résultat un peu plus loin. La constante d'aberration peut changer, comme l'a observé Yvon Villarceau, par suite du transport encore si mal connu du système solaire. Les variations de cette grandeur présenteraient donc un intérêt capital. Le déplacement des raies dans le spectre des étoiles ne donne que la vitesse relative de l'astre et de la Terre suivant la droite qui les joint. Si l'on raisonne donc en toute rigueur, la portée des expériences directes et des observations astronomiques, au point de vue de la vitesse de la lumière, doit être restreinte à l'espace compris dans l'orbite terrestre; c'est seulement par une induction très vraisemblable qu'on l'étend au delà. **Janssen** : Les travaux entrepris au Mont Blanc, en vue d'y ériger un observatoire, consistent jusqu'à présent en deux galeries de 23 mètres, l'une du nord au sud, l'autre de l'est à l'ouest, à 12 mètres de distance verticale en dessous du sommet. Les deux galeries sont entièrement dans la neige durcie ; aucune n'a rencontré les aiguilles de

roche qui forment sans doute le vrai sommet du Mont Blanc. Un édicule en bois, solidement bâti sur des planches épaisses sur lesquelles on a foulé de la neige pour obtenir plus de stabilité, a été construit sur la croûte glacée qui forme le sommet de la montagne. **A. Gautier** vient de publier le tome troisième de son *Cours de chimie,* consacré à la *Chimie biologique*, où l'on trouve réunies beaucoup de ses recherches personnelles : sur les chlorophylles, sur l'acide urique et les séries urique et xanthique, sur les leucomaïnes, les ptomaïnes, sur les albumines, sur la pepsine, enfin sur l'origine de l'énergie et du travail musculaires et sur le mécanisme intime des phénomènes de la vie. " Le travail que fournit le muscle qui se contracte ne peut provenir d'une transformation de la chaleur correspondante aux actions chimiques dont cet organe est le siège. Si l'on applique, en effet, au muscle considéré comme source de chaleur, le théorème de Carnot, et si l'on tient compte du travail produit et de la dépense correspondante de combustible, on trouve que la fibre musculaire devrait s'abaisser pendant la contraction à plus de cinquante degrés au-dessous de zéro, ce qui est absurde. Dans un ordre d'idées différent, le travail psychique, les phénomènes de la conscience, de la pensée et de la volonté, ne sont corrélatifs d'aucune dépense d'énergie mécanique, chimique ou calorique ; ils entrent dans une classe de faits que préparent seulement les actes physico-chimiques dont les centres nerveux sont le siège, tout en n'ayant avec les actes psychiques aucune commune mesure. Le fait de penser consiste essentiellement dans le souvenir, la *vue intérieure* et la comparaison d'impressions déjà reçues, et non dans ces impressions elles-mêmes. La comparaison de ces impressions, aussi bien que la cause qui préside à l'ordre des phénomènes de la vie et la vie elle-même, ne dépensent aucune énergie qui leur sont propres. *L'organisation et le fonctionnement des êtres vivants sont en relations étroites avec la constitution et les propriétés des principes immédiats qui entrent dans la structure de leurs organes.* Chaque fois, en effet, qu'un organisme varie, la composition de ses principes spécifiques varie corrélativement; et réciproquement, chaque fois que, grâce à la nutrition, à l'influence des milieux, à la coalescence avec les espèces actuelles de certains principes fournis par des organismes étrangers, on parvient à faire varier la nature des entités chimiques qui composent un individu, on fait varier du même coup ses formes et ses fonctions, celles-ci n'étant que le résumé et comme l'écho lointain des fonctions chimiques de ses prin-

cipes immédiats intégrants. C'est ainsi que la vie générale est en relation avec le fonctionnement chimique des molécules dernières qui composent l'être tout entier. „ **A. Chatin** : Les Terfaz ou Kamés, espèce de Truffes, faciles à récolter, qui couvrent des espaces immenses en Asie et en Afrique, ont une importance alimentaire considérable; quoique moins azotés et moins phosphorés que la Truffe d'Europe, ils le sont beaucoup plus que la pomme de terre. **A. Gaudry** : On a pu reconstituer, en Amérique, les squelettes de quelques fossiles des Montagnes Rocheuses vraiment étranges : le *Brontosaurus,* Dinausaurien de 15 mètres de longueur, avec une tête relativement petite; l'*Atlantosaurus,* qui avait peut-être 24 mètres; le *Stegosaurus,* dont la queue était surmontée de fortes épines et dont la tête était aussi petite : l'encéphale avait, chez ce dernier, un volume moindre que la moelle épinière de la région sacrée. Ces animaux ont vécu à la fin du jurassique. Le *Triceratops,* de la fin du crétacé, avait trois cornes : une médiane formée par les os nasaux, et deux latérales placées au-dessus des yeux comme chez plusieurs Ruminants. Sa tête a plus de deux mètres de long. Un os, appelé le rostral par Marsh, est ajouté à l'intermaxillaire. Il devait avoir en avant un bec corné comme chez les Oiseaux, et, en arrière, des dents ainsi que la plupart des Reptiles; mais ces dents ont une double racine comme chez les Mammifères. Les os pariétaux et squameux du crâne sont amincis et se prolongent très loin pour former une sorte de capuchon au-dessous du cou, dont les premières vertèbres, sans doute immobilisées, se sont ankylosées. Les bords postérieurs du capuchon portent des épines. Marsh range les *Triceratops* parmi les Reptiles dinosauriens. **H. Gautier** et **G. Charpy** : La plupart des métaux, à l'exception de l'aluminium, sont à peine attaqués par le chlore et le brome secs, à la température ordinaire; le magnésium en particulier résiste complètement à leur action. En présence de l'eau, les halogènes ont, au contraire, une action rapide sur les métaux. **A. de Lapparent** fait connaître la chronologie des roches éruptives de Jersey. **Ch. de Stefani** : Les phénomènes volcaniques postérieurs à l'exhaussement de l'île de Sardaigne ont eu lieu dans les temps quaternaires les plus anciens ou dans les derniers âges du pliocène. Les cratères éteints ressemblent beaucoup à ceux de l'Auvergne.

N° 19. **Moissan** : Le triiodure de bore fournit à froid, au contact d'une solution sulfo-carbonique de phosphore, un phosphoiodure de bore $PBoI_2$. Ce composé, que l'on peut obtenir

cristallisé par volatilisation, donne, par réduction dans l'hydrogène, le phosphoiodure de bore PBoI et enfin le phosphure de bore PBo. En continuant à chauffer dans l'hydrogène, on enlève à ce composé, sous forme de vapeurs, une partie de son phosphore, et l'on obtient un nouveau phosphure P_3Bo_5. **R. Blondlot** est parvenu à déterminer expérimentalement la vitesse des ondes électromagnétiques, comme quotient de la longueur d'onde et de la période propre au résonateur employé. Comme moyenne de treize expériences où la longueur d'onde et la self-induction du circuit du résonateur ont varié du simple au quadruple, il a trouvé que les ondulations électriques ont une vitesse de propagation unique, indépendante de la longueur d'onde et voisine de 297 600 kilomètres par seconde. Ce nombre est, au degré d'approximation des expériences, égal à la vitesse de la lumière, et aussi au rapport des unités électromagnétique et électrostatique d'électricité comme l'indique la théorie de Maxwell. **P. Vuillemin.** L'*Ustilago antherarum* arrête le développement du pistil du *Lychnis dioica,* et fait subir une hypertrophie morbide aux rudiments des étamines, sans production de pollen. (N° 22. **A. Magnin** avait signalé l'hermaphroditisme apparent de cette plante, en faisant remarquer qu'il n'était pas réel.)

N° 20. **Tisserand** : Laplace a montré que la diminution séculaire de l'excentricité de l'orbite terrestre doit produire dans la longitude de la Lune un terme proportionnel au carré du temps, dont il estimait le coefficient à 10 secondes (le temps étant exprimé en siècles). Adams et Delaunay ont réduit ce coefficient à 6, 11 secondes. D'autre part, Airy a été amené, par la discussion des éclipses chronologiques, à conclure que le coefficient de l'accélération devrait être porté à 12 et même à 13 secondes, c'est-à-dire au double du chiffre d'Adams et de Delaunay. Pour expliquer la partie de l'accélération qui ne dépend pas de la diminution séculaire de l'excentricité de l'orbite terrestre, on a supposé qu'elle provenait d'une augmentation du jour sidéral causée elle-même par le frottement des marées contre la terre. Mais si le jour sidéral s'était allongé, la longitude de Mercure aurait varié de 15 secondes en deux siècles, ce qui semble contraire aux résultats de l'observation. Le jour sidéral semble donc invariable, soit que les marées produisent sur la terre des effets qui se compensent, soit que la contraction de la terre produite par son refroidissement séculaire diminue le jour sidéral d'à peu près autant que les marées l'augmentent. Quant au résultat d'Airy, sur la grandeur du coefficient de l'accélération séculaire

de la Lune, il doit peut-être être réduit d'un tiers (Newcomb) ou même de moitié. **E. Picard** indique une simplification de sa méthode de recherche du nombre des racines communes à plusieurs équations simultanées. **Berthelot** et **Matignon** ont étudié les chaleurs de formation de l'hydrazine N_2H_4 et de l'acide azothydrique N_3H découverts par Curtius. Le dernier de ces corps est un acide faible, à formation fortement endothermique, qui peut être regardé comme de l'ammoniaque où une molécule d'hydrogène a été remplacée par une molécule d'azote. C'est une diazoamine. L'hydrazine est un dérivé de l'ammoniaque où une molécule d'hydrogène a été remplacée par NH_3; c'est une base faible, à formation endothermique; mais l'hydroxylamine $NH.H_2O$, qui contient moins d'hydrogène, a un caractère endothermique plus prononcé, et elle peut donner l'hydrazine par une réaction exothermique. On peut observer que la chaleur absorbée est la plus forte possible dans le composé le plus riche en azote, c'est-à-dire, dans lequel cet élément est le plus éloigné de la saturation. On retrouve une progression semblable dans la série des acides oxygénés de l'azote et dans la série des combinaisons hydrogénées du carbone. " Le caractère de radical, apte à former les autres composés, appartient principalement au premier terme de la série des combinaisons, dans l'étude des combinaisons polyatomiques; il lui appartient même d'une façon plus caractérisée qu'à l'élément lui-même. Car, à partir de ce premier terme, tous les autres sont formés avec dégagement de chaleur, ce qui n'a pas toujours lieu à partir de l'élément lui-même. Ce n'est donc pas l'état moléculaire de l'élément libre qui répond à l'état moléculaire du même élément combiné; mais celui-ci doit éprouver d'abord un certain changement, une certaine accommodation pour pouvoir s'unir à l'élément antagoniste, et la réserve d'énergie, une fois constituée, se dépense suivant une progression normale, pour la suite des combinaisons ultérieures. **Berthelot** : Le nickel-carbonyle s'oxyde spontanément. **Le Dentu** a employé, avec succès, des fragments d'os empruntés à des animaux récemment tués (bœuf, veau, mouton, chevreau) et décalcifiés, pour remplacer chez l'homme des fragments d'os longs ou des os tout entiers. Ces os décalcifiés remplissent le rôle de soutiens temporaires, qui, avant leur disparition, laissent au périoste ou aux tissus osseux le temps de reconstituer un os nouveau. **A. Gouvel** : Le mode de fécondation ordinaire chez les Cirrhipèdes est la fécondation réciproque, sans copulation véritable, par simple rapprochement; il peut aussi y avoir autofécondation.

N° 21. **Berthelot** a trouvé, dans des manuscrits de la première moitié du moyen âge, la description de divers appareils mécaniques ou balistiques dont on ne fait pas d'ordinaire remonter l'invention aussi haut. Citons : un bateau à roues, un canon blindé, des canonnières armées de canons blindés, un moulin à poudre à pilons, un scaphandrier avec ses armatures, une ceinture de natation insufflée d'air, une arme à feu portative, etc. Deux de ces manuscrits se terminent par des figures semblables, représentant la terre entourée d'eau, avec le feu central. **H. Moissan** : Des deux phosphures de bore cristallisés, l'un PBo se combine avec incandescence à l'acide azotique monohydraté et s'enflamme à froid dans le chlore, tandis que l'autre $P_3 Bo_5$ possède une stabilité beaucoup plus grande et n'est pas décomposé à froid par ces deux réactions. **R. Lépine** et **Barrel** tirent les conclusions suivantes d'expériences faites sur des chiens : Une saignée provoque l'apparition d'une certaine quantité de glycogène dans le sang et l'augmentation de la destruction du sucre préexistant et du sucre formé aux dépens du glycogène. La ligature du canal de Wirsung est suivie d'une grande augmentation du pouvoir glycolytique du sang; il y a aussi augmentation du pouvoir saccharifiant du sang. La section des nerfs du pancréas produit des effets semblables. L'électrisation du bout inférieur des nerfs pancréatiques amène le diabète au bout de peu de temps. **A. Potier** est élu membre de l'Académie, en remplacement de feu Edm. Becquerel.

N° 22. **Chambrelent**. La Camargue a une étendue de 72 000 hectares; elle est comprise entre les deux bras du Rhône, qui ont respectivement 50 et 58 kilomètres, et le littoral de la mer, qui en a 40; on y trouve un immense étang, le Valcarès. Les terrains sont des alluvions fluviatiles qui ont été souvent recouvertes par les eaux de la Méditerranée que les vents surélèvent parfois de près de $1^m,50$. Pour mettre la Camargue en culture, on a endigué les trois côtés du Delta du Rhône; les eaux basses du Delta ont été recueillies dans des canaux qui les conduisent dans le Valcarès; celui-ci les déverse partiellement, par une écluse, dans la mer quand le niveau est inférieur à celui de l'étang. Des canaux d'irrigation venant du Rhône ont permis de créer dans la Camargue des vignobles à l'abri du phylloxera, et des prairies naturelles ou artificielles, de dessaler les parties trop pénétrées d'eau de mer; on cultive dans celles-ci le Salt-Bush australien dont les feuilles servent de pâture aux moutons. Enfin, des chemins de fer, qui seront bientôt achevés, vont per-

mettre d'exploiter les nouvelles productions du pays et d'y transporter les matériaux nécessaires à la construction des routes. **Heurtault** fait connaître les particularités des marées de Saint-Malo, qui sont beaucoup moins régulières que la théorie ne le ferait supposer. **A. Besson** avait trouvé le phosphure de bore PBo, en juillet dernier, et avait signalé l'existence probable d'un autre phosphure de bore (mais sans donner la composition exacte d'aucun des deux, dit **Moissan**, n° 24). **Th. Schloesing fils** et **Laurent** ont fait, sur la fixation de l'azote, des expériences très originales, d'où résultent les conclusions suivantes : Des plantes vertes inférieures (algues, mousses) peuvent emprunter de l'azote gazeux à l'atmosphère. Les sols nus, l'avoine, la moutarde, le cresson, la spergule n'ont point fixé d'azote libre en quantité mesurable, dans les conditions où les expériences ont été faites; au contraire, les pois ont fait de larges emprunts à l'azote atmosphérique. **V. Marcano** et **A. Muntz** : L'air de Caracas (Venezuela) contient moins d'ammoniaque gazeuse que celui des régions tempérées, mais il contient plus de nitrates d'ammoniaque, sous forme de poussières cristallines.

N° 23. **Albert-Levy**. La quantité moyenne d'ammoniaque contenue dans l'eau des pluies observées depuis longtemps à Montsouris est supérieure à celle qui a été trouvée à Caracas. **N. Wedensky** : Ce sont les terminaisons nerveuses, et non pas les fibres musculaires, qui passent à l'état d'inhibition quand des excitations fréquentes et fortes sont portées sur l'appareil neuro-musculaire. L'action inhibitoire du nerf doit être considérée comme un vrai équivalent physiologique de l'empoisonnement par le curare, c'est-à-dire comme un procédé aboutissant à la suspension des propriétés fonctionnelles des terminaisons nerveuses et mettant ainsi le tissu musculaire à l'abri des excitations portées par les fibres nerveuses. **G. Pouchet** et **H. Beauregard** : Depuis juillet 1879 jusque octobre 1891, il y a eu, sur la côte française, vingt-neuf échouements de grands cétacés, dont six sur les côtes de Provence, deux sur la côte algérienne, vingt et un sur la côte océanique. Celle-ci ne forme que le huitième de la côte européenne, de Gibraltar au cap Nord.

N° 24. **Arm. Gauthier** et **R. Drouin** ont attiré les premiers, dès 1888, l'attention sur l'importance du rôle que jouent les algues superficielles dans le phénomène de la végétation et de l'emmagasinement de l'azote; ils ont aussi démontré que les sols pourvus de matière organique, et ceux-là seulement,

fixent l'azote libre ou ammoniacal de l'atmosphère, même en l'absence des plantes, et la matière organique qui existe dans tout sol arable est l'intermédiaire indispensable de cette fixation d'azote. Mais ils reconnaissent que c'est à MM. Schoering fils et Laurent qu'est due la preuve complète de la fixation de l'azote libre par le sol et les végétaux. **Lecoq de Boisbaudran**, dès 1866, avait énoncé cette remarque que la sursaturation est un fait général, indispensable à la cristallisation et accompagnant tous les changements d'états. **Poincaré** vient de publier deux ouvrages intitulés, l'un : *Thermodynamique,* et l'autre : *Les méthodes nouvelles de la mécanique céleste* (tome premier). **D. Berthelot** : Les phosphates monobasiques ou bibasiques des trois alcalis (potasse, soude, ammoniaque) sont stables en dissolution même très étendue ; les phosphates tribasiques des mêmes bases sont au contraire presque entièrement dissociés dans les solutions étendues. Le contraire se présente pour les sels des acides tribasiques vrais (aconitique, citrique, etc.). **F. Regnault** : Chez beaucoup d'Indous, le pied sert, dans le travail, d'organe préhensile ; c'est un *pied-pince,* mais ce n'est pas un *pied-main;* le gros orteil n'est pas opposable aux autres, cela rendrait d'ailleurs la marche laborieuse et difficile. **De Quatrefages** : " Après ces constatations précises, faites par un observateur bien compétent et lui-même transformiste, il sera évident, pour tout esprit non prévenu, que les partisans de l'origine simienne de l'homme doivent chercher ailleurs des arguments en faveur de leur hypothèse. „

N° 25. **Violle** a obtenu l'un des prix de l'Académie, pour ses travaux de physique, en particulier pour ses recherches sur la constante solaire. D'après lui, la température de la surface solaire ne doit pas beaucoup dépasser 2000 degrés. **Cheysson** et **Toqué** ont eu un prix de statistique pour leur ouvrage : *Les budgets comparés de cent monographies de famille;* **Gley**, un prix de physiologie, pour avoir établi que la glande thyroïde a pour fonction de détruire ou de transformer une puissance toxique existant dans le sang. Le prix Cuvier a été donné au **Geological Survey** des États-Unis, pour l'ensemble de ses travaux. Parmi les plus considérables, il faut citer les découvertes paléontologiques faites dans les Montagnes Rocheuses. L'emplacement de celles-ci est resté à l'état de continent pendant la plus grande partie des temps secondaires, tertiaires et quaternaires. Sur ce vaste continent, les quadrupèdes ont pu se développer longuement, librement, sans que rien interrompît leur évolution,

et ainsi ils sont devenus nombreux, gigantesques, parfois étranges.

N° 26. **L. Kronecker** résume sa méthode de détermination du nombre des racines communes à plusieurs équations. **E. Picard** signale la simplification qu'il a introduite dans cette méthode, par l'emploi d'une équation supplémentaire. **Stas**, auteur de recherches classiques sur les équivalents chimiques, né à Louvain le 21 août 1813, est mort le 13 décembre 1891, à Bruxelles. **A. Cayley** vient de publier le quatrième tome de ses Mémoires mathématiques. On vient aussi de faire paraître le tome IV des œuvres de **Ch. Huygens**. **Th. Schloesing fils** et **E. Laurent** font observer que MM. A. Gautier et Drouin ont rejeté, comme une hypothèse non nécessaire, la fixation de l'azote libre par les plantes vertes inférieures. **G. Bonnier** : Au point de vue physiologique, les plantes parasites à chlorophylle présentent tous les intermédiaires entre la plante qui se nourrit presque exclusivement des substances prises dans l'hôte qu'elle attaque et une plante qui assimile presque exclusivement par elle-même ; il peut y avoir échange réciproque de substances assimilées entre l'hôte et son parasite.

P. Mansion.

UNE RECTIFICATION

Dans notre mémoire intitulé : *L'Assyriologie depuis onze ans* (1), nous avons parlé, d'après des renseignements incomplets, comme nous avons eu soin de le dire, d'une nouvelle école d'assyriologie fondée en Amérique par le Dr P. Haupt, professeur à la Johns Hopkins University à Baltimore, " école qui poussera bientôt une branche à l'université de Philadelphie, en Pensylvanie. „

Ce passage renferme des erreurs involontaires que nous tenons à rectifier dans l'intérêt de la vérité, et aussi par égard pour un désir légitime qu'on nous a exprimé dans les meilleurs termes.

Premièrement, au lieu d'*Université de Philadelphie*, nous aurions dû dire *Université de Pensylvanie ;* car *University of Pennsylvania* est le vrai titre de cet établissement, et ceux que la chose concerne tiennent exclusivement à ce titre pour des motifs sérieux, dont l'exposé nous entraînerait trop loin.

Deuxièmement, il n'y a aucun lien, au point de vue du développement des études assyriennes, entre la Johns Hopkins University et l'University of Pennsylvania. Le Dr H. V. Hilprecht, premier titulaire de la chaire d'assyriologie à l'University of Pennsylvania, s'est formé sous le Dr Fried. Delitzsch à Leipzig et n'a jamais rien eu de commun avec l'école de Baltimore.

On nous écrit à ce propos que les fouilles entreprises en Babylonie, avec des subsides recueillis à Philadelphie, en faveur du musée archéologique de l'University of Pennsylvania, ont été couronnées d'un plein succès. De neuf à dix mille inscriptions cunéiformes, gravées sur pierre ou sur argile, et appartenant à toutes les époques depuis les temps les plus reculés jusqu'à la période persane, beaucoup de vases, quantité d'objets en argile, bronze, argent et or, environ cinq cents cachets antiques, ont été exhumés du sol babylonien et sont arrivés sans encombre à Philadelphie. Le Dr H. V. Hilprecht, à l'initiative duquel est due la fondation du musée et qui a pris part à l'expédition scientifique en Babylonie, est occupé à ranger ces trésors. Il transcrit les inscriptions, et en publiera sous peu le premier fascicule.

A. J. Delattre, S. J.

(1) *Revue des questions scientifiques*, tomes XXVI-XIX.

Bruxelles. — Imp. Polleunis & Ceuterick, rue des Ursulines, 37.

TEMPÉRATURE ET THERMOMÈTRES

On lit dans la plupart des traités de physique : « la température est une grandeur qui représente l'état d'échauffement d'un corps; on la mesure à l'aide du thermomètre. »

La première partie de cette définition n'ajoute rien à l'idée plus ou moins vague que chacun se fait de la température ; la seconde dit en français ce que le nom de l'instrument dit en grec. Toutes deux ont besoin de commentaires souvent écourtés dans une étude faite trop rapidement. Nous voudrions essayer de les présenter sous une forme très simple et dégagée de tout appareil savant.

Suivant les circonstances où nous nous trouvons placés, sous le coup ou à l'abri d'une *source de chaleur*, telle que le soleil, un foyer en activité, nous éprouvons des sensations que nous appelons sensation de chaleur, et sensation de froid.

Où finit le froid? où commence le chaud? La limite qui les sépare n'est point fixe; elle ne pourrait le devenir qu'à la suite d'une convention arbitraire. En réalité, le froid n'est qu'une manière d'être relative de la chaleur : son

domaine varie au gré des circonstances et des caprices de nos sensations. Le temps de dégel succédant aux jours glacés d'un hiver rigoureux nous paraît une douce chaleur ; nous le qualifierions certainement de froid insupportable s'il se mêlait subitement aux ardeurs d'un été brûlant.

Les corps bruts subissent également l'action de la chaleur, c'est-à-dire qu'ils acquièrent la propriété de produire en nous, soit au contact, soit à distance, des sensations semblables à celles que nous font éprouver les sources de chaleur ; ils deviennent dès lors capables d'échauffer à leur tour, par leur présence, les corps voisins moins chauds, jusqu'à les rendre aussi chauds qu'eux-mêmes. Toutefois, en jouant le rôle de sources de chaleur, ces réservoirs de chaleur se vident ; et une observation attentive permet de constater que leur refroidissement est souvent hors de proportion avec l'échauffement qu'ils produisent. Une lame de plomb brûlant, plongée dans un vase contenant un poids d'eau froide égal au sien, l'échauffe en se refroidissant. Au bout d'un certain temps, l'eau et la lame font sur nous la même impression de chaleur ; mais cette impression est bien plus voisine de celle que produisait l'eau avant son échauffement, que de celle qu'eût produite le plomb avant son refroidissement.

La chaleur passe donc d'un corps plus chaud à un corps voisin moins chaud, comme un liquide passe d'un vase plus plein à un vase communiquant moins plein. Au bout d'un certain temps, l'égalité des niveaux calorifiques s'établit entre les deux corps, comme s'établit l'égalité des niveaux du liquide dans les deux vases. Cette situation d'équilibre ne suppose nullement que le niveau calorifique du corps plus chaud se soit abaissé autant, ni plus ni moins, que s'est élevé le niveau calorifique du corps moins chaud : ce n'est là qu'un cas très particulier, ayant pour analogue, en hydrostatique, celui de deux vases communiquants identiques. Le cas général, celui que présentent

le plomb et l'eau dans l'expérience que nous venons de rappeler, a pour image se qui se passe entre deux vases communiquants de formes différentes : le niveau change relativement peu dans le vase large, et beaucoup plus dans le vase étroit.

Cette analogie qui nous représente les corps, au point de vue de leur capacité calorifique, sous l'aspect de vases de formes variées, nous sera souvent utile. Dès maintenant, elle nous permet d'insister sur une distinction importante. Le liquide que l'on verse, en *quantités égales*, dans des vases différents, y monte à des *niveaux inégaux;* et c'est par l'aspect de ces niveaux que nous jugeons quels sont, parmi ces vases, ceux qui sont relativement les plus pleins. De même, en communiquant à différents corps une même quantité de chaleur, celle qui provient, par exemple, de la combustion d'un kilogramme de charbon dans des conditions identiques, nous pourrons constater que les niveaux calorifiques s'y élèvent à des hauteurs inégales ; et c'est par l'impression qu'ils produisent sur nous que nous jugerons quels sont, parmi ces corps, ceux qui sont relativement les plus chauds. Le tact ne nous apprend pas autre chose ; il ne nous donne aucun renseignement immédiat ni sur la capacité calorifique des corps, ni sur la quantité de chaleur qu'on a dû leur communiquer pour les élever à l'état thermique auquel ils se trouvent.

Il n'y a dans tout ceci, évidemment, qu'un rapprochement purement symbolique, et rien qui préjuge la nature de la chaleur. C'est une comparaison très certainement boiteuse, comme toutes les comparaisons. Mais ce n'est point un motif pour refuser de s'en servir : il suffit de ne pas en exagérer l'application.

Ainsi quand nous rapprochons le passage de la chaleur d'un corps plus chaud à un corps voisin moins chaud, du passage d'un liquide d'un vase plus plein à un vase communiquant moins plein, nous n'affirmons pas que le transport de chaleur se fasse uniquement du corps plus chaud

au corps moins chaud, comme le transport du liquide du vase plus plein au vase moins plein. Tout ce que l'expérience nous apprend, c'est que la quantité de chaleur qui passe du corps plus chaud au corps moins chaud est invariablement plus grande que la quantité de chaleur, si elle n'est pas nulle, qui passe du corps moins chaud au corps plus chaud ; et que, en définitive, l'égalité des niveaux calorifiques s'établit entre eux comme l'égalité des niveaux du liquide s'établit dans les deux vases. Cela suffit pour justifier le rapprochement ; mais il ne faut pas lui demander davantage.

L'intensité des sensations de chaud et de froid est susceptible de degrés. Les mots *glacial, froid, frais, tiède, chaud, brûlant*, que nous avons déjà employés, éveillent en nous l'idée d'une série de sensations correspondant à une série d'états thermiques des corps.

Un même corps peut rester froid, tiède, chaud, pendant un certain temps ; il peut aussi changer d'état thermique sans que ses propriétés, et en particulier sa nature, soient sensiblement modifiées.

Enfin, des corps très différents peuvent se manifester à nous comme également chauds ; et des corps identiques, voire même des parties d'un même corps, peuvent produire en nous des sensations de chaleur manifestement différentes.

Tels sont les caractères immédiats que l'observation vulgaire nous fait découvrir dans la notion de chaud. Ils nous amènent à considérer l'objet de cette notion comme une *qualité* que les différents corps, ou les différentes parties d'un même corps, peuvent posséder, suivant les circonstances, à des degrés variables, plutôt que comme une *quantité* directement mesurable, et susceptible, par suite, d'être soumise, avec des quantités de même espèce, aux opérations de l'arithmétique. En un mot, il en est de l'état thermique d'un corps, comme de l'état de plénitude

d'un vase : nous ne concevons pas plus qu'on puisse ajouter ou retrancher le *chaud* des corps, que nous ne concevons qu'on puisse ajouter ou retrancher le *plein* des vases.

Aussi longtemps que nous nous en tenons à ces caractères immédiats connus de tout le monde, nous pouvons, avec tout le monde, comparer à l'aide du tact l'état thermique de deux corps, comme nous comparons, d'un coup d'œil, la plénitude relative de deux vases. Dans bien des cas, nous aboutirons à une conclusion, et nous déclarerons, sans hésiter, que tel corps est plus chaud que tel autre. Ce jugement n'a pas la précision d'un calcul mathématique ; ce n'est pas le résultat d'une soustraction dont les mesures des états thermiques des deux corps seraient les éléments : c'est un fait évident que nous acceptons sur le témoignage de nos sens. La différence entre les impressions que nous causent deux corps chauds peut, en effet, être énorme ; cela n'est pas toujours nécessaire pour que nous la percevions sûrement ; mais il est certain qu'elle nous échappera souvent bien avant de s'effacer complètement. Devant une nuance, nous hésitons; nous hésitons surtout quand un temps, même très court, a passé sur une des deux sensations que nous prétendons rapprocher, et n'en a laissé dans notre souvenir qu'une trace confuse.

Si le tact nous fournit la notion du chaud, s'il nous fait découvrir les propriétés essentielles les plus simples de cette notion, il ne nous est donc que d'un secours très insuffisant quand il s'agit de comparer les qualités thermiques des corps. Les renseignements qu'il nous donne manquent de précision ; il n'est pas rare que nous les interprétions mal ; et souvent le temps les emporte avant que nous ayons pu les utiliser. Dans de telles conditions, il est bien évident qu'il faut renoncer à l'espoir de constituer une théorie quelconque de la chaleur : nous n'arriverons pas à fixer les rapports des phénomènes thermiques entre eux; dès lors les lois même les plus élémen-

taires qui régissent ces phénomènes nous resteront très probablement inconnues, et nous en serons réduits à ignorer la nature ou à nous laisser entraîner à la deviner.

Ce fut le sort des anciens. Ils renfermèrent l'étude de la chaleur dans le domaine des sensations causées par le contact ou la présence des corps chauds ; c'est à peine s'ils sortirent de ces limites pour recueillir, au hasard des circonstances, quelques données empiriques sur les phénomènes journaliers de la combustion, de la fusion, de la congélation, de l'ébullition et du développement de la chaleur par le frottement. Puis, bien moins préoccupés d'interroger la nature que d'imaginer des hypothèses arbitraires pour combler les vides de leurs connaissances expérimentales, ils se hâtèrent de discourir sur le chaud et le froid, longuement et fort inutilement, puisqu'ils ne combinaient dans leurs raisonnements que des données souvent imaginaires et toujours très incertaines. Ils perdirent ainsi un temps précieux que l'on ne songeait pas alors à donner à l'observation et à l'expérimentation.

Les physiciens modernes s'y prirent autrement. Leur premier soin fut de chercher à déterminer d'une manière précise la nature et l'étendue des effets de la chaleur, en un mot de les *mesurer*. Il fallait pour cela définir d'abord nettement l'état thermique des corps en le rattachant à une grandeur mesurable ; puis créer un système de mesures convenables, fixe et pratique.

Pour définir l'état thermique des corps en le rattachant à une grandeur mesurable, on fit correspondre à leur *qualité* d'être plus ou moins chauds, une *quantité* dont les propriétés mathématiques les plus simples devaient représenter les caractères essentiels de cette qualité. On appela cette quantité la *température*. Nous avons déjà employé ce symbole, mais sous un autre nom, quand, pour comparer la qualité d'un corps plus ou moins chaud à la qualité d'un vase plus ou moins plein, nous avons fait correspondre à ces qualités les quantités que nous avons

appelées *le niveau du liquide* dans le vase et *le niveau calorifique* du corps : la température et le niveau calorifique sont un seul et même symbole.

Les caractères essentiels de la notion de chaud imposent à la température qui doit la représenter les propriétés suivantes :

Elle reste constante, pour un corps donné, aussi longtemps que l'état thermique de ce corps reste invariable;

Elle croît quand le corps s'échauffe, décroît quand il se refroidit, repasse par la même valeur chaque fois que le corps reprend le même état thermique ; la loi qui relie ces variations de la *température* aux *quantités de chaleur* que le corps gagne ou perd n'est pas nécessairement la loi de proportionnalité, mais une fonction inconnue *à priori* de la capacité calorifique du corps ;

Elle a la même valeur pour deux corps également chauds ;

Elle a des valeurs différentes pour deux corps inégalement chauds, la plus grande représentant l'état thermique du corps le plus chaud.

Toutes ces propriétés conviennent également au niveau d'un liquide dans un vase si l'on veut lui faire représenter la qualité du vase d'être plus ou moins plein. Elles servent uniquement à définir la grandeur symbolique dont on prétend faire usage, et font complètement abstraction de la réalité que ce symbole recouvre.

Après avoir fait correspondre à la qualité thermique des corps une quantité qui la représente, les physiciens ont imaginé divers systèmes de mesures thermiques permettant d'exprimer numériquement, et en toutes circonstances, la valeur de cette quantité.

A la base de tout système métrique se trouve toujours un certain nombre de conventions arbitraires. Quand il s'agit de grandeurs que l'expérience nous met directement sous les yeux et que nous percevons nettement comme pouvant s'ajouter par simple juxtaposition, telles que le

volume et le poids des corps, une seule convention est nécessaire : le choix d'une unité parmi les grandeurs de même espèce. Mais quand il s'agit de grandeurs symboliques, intangibles pour ainsi dire, dont la nature nous échappe et qu'il nous est impossible dès lors de concevoir comme des multiples d'une unité de même espèce, nous sommes obligés de ramener leur mesure à celle d'autres grandeurs, directement accessibles à l'observation, et dont la mesure puisse servir à fixer celle des premières. Supposons, par exemple, qu'après avoir fait correspondre à la qualité d'un vase d'être plus ou moins plein, la quantité que nous avons appelée le niveau du liquide dans le vase, nous voulions mesurer ce niveau dans un système de vases clos et à parois opaques. Toute mesure directe serait impossible, et nous serions forcés de la rattacher à celle d'une autre grandeur observable, dépendant du niveau : ce serait, par exemple, la *pression* exercée par le liquide sur l'unité de surface de la base horizontale du vase. Il nous resterait alors à créer un système métrique des pressions. Telle est notre situation vis-à-vis de la température des corps.

Quatre conventions distinctes, au lieu d'une, deviennent nécessaires. Parmi les effets que l'expérience nous fait découvrir comme dépendant uniquement de la température, il faut choisir un *phénomène thermométrique*. Il faut ensuite choisir une *substance thermométrique* sur laquelle nous mesurerons les éléments de ce phénomène. Il faut encore choisir le point de départ ou l'*origine* à laquelle nous rapporterons ces mesures. Il faut enfin choisir l'*unité* qui nous servira de terme de comparaison. Tous ces choix sont arbitraires, mais ils ne sont pas indifférents.

Les phénomènes qui dépendent de l'état thermique des corps et, par suite, de la température qui le représente, sont nombreux et variés. La chaleur détruit, dilate, fond, vaporise, travaille, dissocie, fait naître des courants et des résistances électriques, rend les corps incandescents,

modifie les propriétés optiques des corps transparents, etc. Parmi tous ces effets divers, lequel choisirons-nous comme *phénomène thermométrique?*

Évidemment nous ne nous adresserons pas aux effets destructeurs de la chaleur : l'altération qui en résulte dans la constitution des corps exclut toute idée de comparaison. Ce qu'il nous faut, c'est un phénomène calme, s'exerçant sans violence apparente sur les corps, les modifiant d'une façon nettement sensible, mais sans changer leur nature intime, quel que soit le nombre de ces variations passagères auxquelles ils seront soumis, et surtout suivant dans toutes ses allures la marche de la température.

Or, parmi les phénomènes thermiques que nous venons d'énumérer, il en est un dont la température est la cause principale et qui remplit mieux que les autres toutes ces conditions : c'est la *dilatation.*

Comment le savons-nous ?

Évidemment l'observation et l'expérience seules ont pu nous l'apprendre. Le choix de la dilatation comme phénomène thermométrique, le choix de la substance sur laquelle on suivra ce phénomène, et le mode de correspondance que l'on établira, par le choix d'une origine et d'une unité convenables, entre les variations de volume du corps thermométrique et celui de sa température, supposent donc une connaissance préalable des causes qui peuvent modifier le volume d'un corps, une observation attentive et des expériences suffisamment nombreuses et précises sur la dilatation elle-même.

A première vue, la nécessité de ce travail préliminaire semble nous enfermer dans un cercle vicieux : l'établissement d'un système de mesures thermiques fondé sur la dilatation présuppose l'étude expérimentale de la dilatation. Mais comment faire cette étude avant d'avoir établi un système de mesures thermiques ? — La réponse est facile ; elle ne laissse pas cependant d'embarrasser parfois ; on nous

permettra donc de l'énoncer : les expériences présupposées doivent être purement *qualitatives* et non *quantitatives*. Ce qu'il faut avoir étudié, c'est le *fait*, l'allure générale de la dilatation des différentes substances ; et cette étude n'exige pas que l'on dispose d'un système de mesures thermiques. Ce système ne devient indispensable que quand il s'agit d'établir les *lois* précises qui rattachent la dilatation à la température. Toutefois, il est certain que les expériences quantitatives touchant la dilatation, les chaleurs spécifiques, etc., rendues possibles par l'établissement d'un *système provisoire* de mesures thermiques, peuvent amener, et ont amené de fait les physiciens à modifier le choix primitif de la substance thermométrique, de l'échelle et de l'unité de mesure.

Choisissons donc, au moins provisoirement, une substance thermométrique.

Des expériences purement qualitatives nous apprennent que le volume d'un corps dépend, en général, de la pression extérieure qu'il supporte et de sa température. L'influence de faibles variations de pression sur le volume des solides et des liquides est peu considérable, sans être toujours négligeable ; elle ne l'est jamais quand il s'agit d'un gaz. Écartons donc cette cause perturbatrice, et choisissons des conditions expérimentales qui nous permettent d'étudier les *variations du volume des corps sous pression constante*.

Nous constaterons que la plupart d'entre eux, quel que soit leur état physique, se dilatent quand on les échauffe et se contractent quand on les refroidit. Il suffit, pour *voir* qu'il en est ainsi, de disposer l'expérience de manière à pouvoir suivre, d'une façon incessante, les variations de volume du corps soumis ou soustrait à l'action de la chaleur.

Les *solides* se dilatent et se contractent très peu. Pour rendre sensibles les changements qu'éprouve leur volume, il faut les agrandir artificiellement au risque de les altérer beaucoup, ce qui rend l'observation toujours difficile et

généralement très incertaine. Les solides ne peuvent donc nous fournir que des substances thermométriques paresseuses et peu maniables ; laissons-les.

Les expériences quantitatives, disons-le de suite, relatives à la dilatation des solides, ne font qu'ajouter aux motifs qui nous ont conduits à cette conclusion. Elles nous montrent, en effet, que les échantillons d'un même corps, de provenances diverses, se dilatent très inégalement ; que les métaux voient leur dilatation complètement modifiée quand on les travaille de façons différentes ; et que la plupart des solides subissent et gardent longtemps, à la suite d'une élévation de température, des modifications très irrégulières dans la marche de leur dilatation, en sorte que leur volume actuel ne dépend pas seulement de leur température présente, mais de celles qui l'ont précédée.

Les *liquides* se dilatent beaucoup plus que les solides. L'eau fut, à l'origine, mais pendant peu de temps, employée comme substance thermométrique. Sa congélation trop prompte et les inconvénients qui s'ensuivent la firent abandonner. On lui substitua l'alcool. Les expériences quantitatives ont montré plus tard que l'eau présente d'ailleurs une anomalie singulière qui la rend impropre à fournir une bonne substance thermométrique. Prenons-la au moment où la fusion de la glace nous la fournit : elle se contracte d'abord quand on l'échauffe ; son volume passe par un minimum, et croît ensuite constamment avec la température. Il en est de même de tous les corps qui présentent un maximum de densité : *ils se retrouvent sous le même volume à deux températures différentes.*

Écartons-les pour ne conserver comme substances thermométriques possibles, parmi les liquides, que ceux qu'un échauffement dilate toujours, et qu'un refroidissement contracte invariablement. Le mercure est dans ce cas. D'autre part, on peut l'obtenir très pur et le reproduire à volonté dans cet état ; il se congèle bien plus difficile-

ment que l'eau et entre bien plus tard qu'elle en ébullition. Il semble donc qu'il réalise une substance thermométrique très convenable. Nous verrons plus tard que les expériences quantitatives lui ont reconnu d'autres qualités également avantageuses.

Malheureusement, il est pratiquement impossible d'observer la dilatation absolue des liquides. La nécessité de les conserver dans des vases solides, qu'on ne peut soustraire aux effets des variations de la température, rend leur dilatation apparente seule directement observable, et introduit, par conséquent, dans ces observations, toutes les irrégularités de la dilatation des solides. Il est vrai que l'influence de ces irrégularités est singulièrement amoindrie par la prépondérance de la dilatation du liquide sur celle du vase; mais l'expérience seule pourra nous dire si elle est négligeable, ou si on peut s'en débarrasser par des corrections convenables.

Enfin les *gaz* se dilatent plus encore que les liquides; ils peuvent donc nous fournir des substances thermométriques très sensibles. On ne peut, il est vrai, pour les gaz comme pour les liquides, observer directement que leur dilatation apparente; mais les inconvénients qui peuvent en résulter seront certainement beaucoup diminués, grâce à la dilatation excessive des gaz vis-à-vis de celle de l'enveloppe.

Toutefois à ces avantages s'associe une difficulté pratique sérieuse. Le volume d'un gaz varie beaucoup avec la pression; on pressent que la nécessité de veiller à ce qu'aucune variation de pression, même très petite, ne vienne mêler son action à celle des variations de la température et jeter le trouble dans les observations, exigera l'emploi d'appareils compliqués et rendra l'emploi des gaz fort peu commode.

Le choix de la substance thermométrique est donc restreint aux liquides et aux gaz. *A priori*, aucune considération *théorique* n'impose rigoureusement ceux-ci plutôt

que ceux-là ; c'est par des considérations d'*ordre pratique* que nous devons nous laisser guider dans notre choix. Si nous cherchons la commodité avant tout, c'est aux liquides qu'il faut nous adresser. Si nous désirons, au contraire, ce qui est plus scientifique, une sensibilité plus grande et surtout des chances mieux fondées de réaliser des instruments comparables, les gaz semblent incontestablement préférables. Quel que soit d'ailleurs notre choix, les principes qui doivent nous servir à achever d'établir un système de mesures thermiques restent les mêmes, et leur application ne varie pas.

Choisissons le mercure.

Enfermons une certaine quantité de mercure bien pur dans un vase de verre de forme telle que nous puissions suivre aisément les moindres variations du volume apparent du liquide : ce sera un *réservoir* surmonté d'un tube très étroit que nous appelerons *tige*, et sur laquelle nous supposerons qu'on a gravé une *graduation quelconque*. Nous nommerons l'instrument tout entier un *thermomètre*. Ce nom est un peu prétentieux, mais le thermomètre est en germe dans l'instrument primitif que nous venons de décrire, et il est inutile de compliquer notre terminologie.

Rappelons-nous qu'à la qualité des corps d'être plus ou moins chauds, nous avons fait correspondre une quantité symbolique, la température ; qu'à la température nous avons rattaché le phénomène de la dilatation qui en dépend, et que nous venons de réaliser un instrument qui nous permet de suivre les variations du volume apparent du mercure dans le verre sous l'action des changements de température.

Complétons d'abord et précisons, pour le thermomètre lui-même, la définition des propriétés essentielles que nous avons données déjà, par convention, à la température :

La température du thermomètre reste constante, aussi longtemps que le volume apparent du mercure dans le verre reste invariable ;

Elle croît quand ce volume augmente, décroît quand il diminue, repasse par la même valeur chaque fois que le mercure reprend le même volume apparent. Ainsi un coup d'œil jeté sur le thermomètre nous dira si sa température est constante, ou si elle varie et comment elle varie ; en outre, la comparaison de ses indications, à deux instants différents, nous dira s'il a eu, à ces deux instants, la même température ou des températures différentes et dans quel sens. Toutefois ce dernier point contient plus qu'une convention que l'étude qualitative de la dilatation du mercure rend légitime : il s'appuie sur une hypothèse qu'il importe de pas perdre de vue. Pour pouvoir tirer une conclusion certaine de la comparaison de deux indications du thermomètre se rapportant à des époques ou à des circonstances différentes, il faut, en effet, que le thermomètre reste comparable à lui-même : *nous le supposons*. Or cette hypothèse n'est pas justifiée *à priori;* elle nous impose donc de créer un système quelconque de contrôle qui nous permette de constater que le temps et l'usage n'ont point faussé l'instrument. Nous le ferons tantôt ; mais auparavant il fallait au moins en sentir la nécessité.

Une nouvelle convention va nous permettre de définir, à l'aide du thermomètre, la constance ou la variation de la température du milieu dans lequel il se trouve plongé ou d'une substance quelconque en présence de laquelle il se trouve placé :

Si, pendant un certain temps, le volume apparent du mercure dans le thermomètre plongé dans un milieu ou mis en présence, au contact ou à distance, d'un corps quelconque A, ne varie pas, nous dirons que, pendant tout ce temps, la température du milieu ou celle du corps A sont restées constantes comme celle du thermomètre, et que le milieu ou le corps A et le thermomètre ont des températures égales ;

Si, au contraire, le thermomètre se comporte dans ce

milieu, ou vis-à-vis de ce corps, comme il se comporterait vis-à-vis d'une source de chaleur, c'est-à-dire si le volume apparent du mercure augmente, nous dirons que la température du milieu ou celle du corps A est plus élevée que celle du thermomètre ; et complétant cette convention, si dans les mêmes conditions le volume apparent du mercure diminue, nous dirons que la température du milieu ou celle du corps A était plus basse que celle du thermomètre.

Les faits expérimentaux que nous avons rappelés en commençant justifient ces conventions. Elles appellent cependant une remarque importante.

Supposons, pour fixer les idées, que nous plongions le thermomètre dans de l'eau plus chaude que lui. Au début de l'expérience le volume apparent du mercure augmente : le thermomètre s'échauffe donc ; mais bientôt le volume se fixe : la température du thermomètre devient constante et égale, de par notre première convention, à celle de l'eau. Ainsi l'eau, plus chaude au début que le thermomètre, a échauffé celui-ci, et l'égalité des températures a fini par s'établir.

Or, que la chaleur soit une substance ou une forme de l'énergie, il faut admettre que l'eau, en échauffant le thermomètre, s'est refroidie. C'est sa température finale, sa *température amoindrie* qui est égale à celle du thermomètre au moment où l'indication de celui-ci cesse de varier. Quel que soit l'usage que nous puissions faire de cette indication, pour repérer ou mesurer la température primitive de l'eau, le thermomètre ne nous permet d'apprécier cette température qu'*en la modifiant*. On conçoit dès lors la nécessité de choisir une substance thermométrique capable de se mettre rapidement en équilibre de température avec les corps voisins, et sans exiger d'eux une dépense exagérée de chaleur. En d'autres termes, la substance thermométrique doit être bon conducteur de la chaleur, son coefficient de chaleur spécifique doit être très

faible, et il faut en enfermer dans le thermomètre la plus petite quantité exigée par l'emploi qu'on veut en faire. Cette remarque justifie ce que nous avons dit plus haut, que le choix *définitif* d'une substance thermométrique suppose des expériences quantitatives s'étendant à la plupart des phénomènes thermiques. Ajoutons que ces expériences justifient complètement le choix du mercure.

S'il était nécessaire d'insister pour mettre tout ceci plus en lumière, il suffirait de recourir à l'analogie que nous a fournie l'hydrostatique. Un vase à parois opaques est plus ou moins rempli; je voudrais juger de son plein en appréciant la hauteur à laquelle s'élève le niveau du liquide, et pour cela je mets ce vase en communication avec un autre vase à parois transparentes. Si celui-ci, au début, est moins plein que le premier, le liquide y affluera, et l'égalité des niveaux ne s'établira qu'en appauvrissant le vase opaque. Ce que le vase mesureur indiquera à la fin de l'expérience, ce sera le *niveau diminué* du liquide dans le vase opaque. Cette diminution sera d'autant plus grande que la capacité du vase mesureur sera plus considérable; pour arriver à la rendre très petite, il n'y a qu'une voie à suivre : choisir un vase mesureur de faible capacité, un tube très étroit, où le niveau du liquide atteindra rapidement et à peu de frais son niveau fixe. L'application se fait d'elle-même.

Il nous reste à définir l'égalité et l'inégalité des températures de deux corps quelconques A et B à l'aide du thermomètre.

Plaçons-le successivement en présence de ces deux corps, et soient v et v' les volumes apparents du mercure à la fin de la première et de la seconde expérience. Deux cas peuvent se présenter : les volumes v et v' sont ou ne sont pas égaux. Il nous suffira d'étudier le premier.

Nos conventions nous imposent la conclusion suivante : la température du thermomètre, à la fin de chacune de ces expériences, est la même et égale à la température

finale du corps A et à la température finale du corps B. Pouvons-nous aller plus loin et ajouter : donc la température finale du corps A est égale à la température finale du corps B ?

La question paraît oiseuse. Deux quantités égales à une même troisième ne sont-elles pas égales entre elles ? — Le principe est évident ; nos définitions antérieures rendent son application légitime ; l'égalité des températures de A et de B est donc une *conséquence* nécessaire de nos conventions.

Fort bien ; mais s'ensuit-il qu'il faille accepter cette conséquence sans contrôle ? Nullement. Le corps A et le corps B, mis successivement en présence du thermomètre, ne l'échauffent ni ne le refroidissent. Voilà le fait expérimental. Doit-on en conclure que le corps A mis en présence du corps B ne l'échauffera, ni ne le refroidira ? Nos conventions disent oui ; mais si l'expérience disait non ? Pourquoi ne le pourrait-elle pas ? Les conventions qu'il nous plaît de faire régissent nos idées, elles n'enchaînent pas les faits ; et ce n'est pas chose inouïe en physique que l'observation niant une conséquence de définitions et de conventions suggérées par des expériences purement qualitatives. Quand cela se présente, il n'y a qu'un parti à prendre : respecter les faits et modifier les conventions. Ici le contrôle expérimental peut être rendu facile par un choix convenable des corps A et B ; on ne peut pas s'en dispenser : il donne raison à nos conventions.

Ainsi deux corps A et B ont la même température lorsque le thermomètre mis en présence de chacun d'eux fournit la même indication. Ils ont des températures inégales dans le cas contraire, la plus élevée correspondant au volume apparent du mercure le plus grand.

Nous sommes loin encore d'avoir établi un système de *mesures* thermiques : les indications de notre thermomètre

n'ont jusqu'ici qu'une valeur qualitative; elles répètent simplement, mais en termes beaucoup plus précis, ce que disent vaguement nos sensations de chaud et de froid. Nous pouvons constater que la température d'un corps reste constante, qu'elle croît ou qu'elle décroît; que les températures d'un même corps, à deux époques éloignées, ou que celles de deux corps différents sont égales ou inégales. Nous pourrions, par exemple, comparer la température de l'air aux différentes heures de la journée ou aux différents jours de l'année, et tracer la courbe de la température diurne et celle de la température annuelle; mais ces courbes représenteraient ces phénomènes à une échelle inconnue, variable d'un instrument à l'autre. Nous pourrions vérifier si l'eau bout à une température plus basse au sommet d'une montagne que sur le rivage de la mer, ou si la glace fond partout à la même température; mais nous n'avons aucun moyen d'estimer numériquement la différence entre deux températures, et nous ne sommes nullement en état de pouvoir affirmer que telle température est la somme ou la différence de deux autres.

Encore toutes les observations que nous pouvons faire n'ont-elles de valeur réelle que si notre thermomètre reste comparable à lui-même; et nous ne disposons jusqu'ici d'aucun contrôle. S'il venait à se briser et que nous en fissions un autre pour le remplacer, rien ne nous autoriserait à penser que les mêmes températures répondraient aux mêmes lectures : nos nouvelles observations ne seraient pas plus comparables aux anciennes que ne le seraient celles d'observateurs pesant les corps à l'aide de jeux de poids construits arbitrairement.

On en était là au XVI^e^ siècle.

Il n'est pas inutile de rappeler brièvement les origines du thermomètre et de rattacher ses transformations successives aux découvertes qui les ont rendues possibles : nous apprécierons mieux la longueur et les difficultés du chemin qu'il a fallu parcourir pour aboutir enfin à un système de mesures thermiques.

L'histoire de l'invention du thermomètre est restée fort obscure, bien qu'elle ait beaucoup exercé la sagacité des érudits. Elle s'ouvre par les témoignages de Nelli et de Viviani qui affirment que, dès l'année 1597, Galilée avait imaginé un instrument composé d'un tube de verre terminé par une boule d'un côté, ouvert à l'autre extrémité, et renfermant un petit index d'eau qui séparait l'air intérieur de l'air extérieur : la chaleur éloignait l'index de la boule, le froid l'en rapprochait. Une échelle arbitraire permettait d'apprécier les déplacements. Les œuvres de Galilée ne font aucune mention de cet appareil ; mais des documents authentiques, qui attestent que Galilée montra, en 1603, les effets de son thermomètre au P. Castelli, confirment le témoignage de ses biographes et ont paru suffisants à un bon nombre d'auteurs, à Poggendorff entre autres, dans son *Histoire de la physique*, pour rapporter à Galilée l'honneur de cette invention.

Peut-être doit-il le partager avec ses contemporains Porta, Sanctorius, Fra Paolo Sarpi, Drebbel, etc., qui décrivirent ou employèrent des instruments semblables. Celui de Drebbel, très répandu dans les Flandres et en Angleterre au commencement du XVII^e^ siècle, était formé d'un réservoir à air prolongé par un tube vertical descendant et dont l'extrémité plongeait dans un réservoir renfermant de l'eau mêlée d'acide azotique pour l'empêcher de geler : le liquide s'élevait plus ou moins haut dans la tige suivant la température.

La première substance thermométrique employée fut donc l'air atmosphérique ; mais on s'en servait fort mal. Tous ces appareils étaient à la fois des thermoscopes et des baroscopes : les effets de la chaleur et ceux de la pression de l'air, dont on ignorait alors l'existence, s'y trouvaient confondus.

Vers la fin de l'année 1641, deux ans avant la fondation de l'Académie de Florence, il existait, dans cette ville, des thermoscopes à liquide. Sauf le mode de gradua-

tion et la forme de serpentin donnée à la tige de quelques-uns d'entre eux, ces instruments rappelaient parfaitement nos thermomètres actuels.

Les *Saggi* de la célèbre Académie décrivent un de ces appareils perfectionné par quelqu'un de ses membres : à l'eau, employée d'abord comme substance thermométrique et qui en se congelant sous l'action du froid brisait l'enveloppe de verre, on avait substitué l'alcool (1).

Les thermomètres florentins furent longtemps célèbres. Les plus employés avaient une échelle divisée en 50 degrés indiqués sur le tube même, non par des traits, mais par de petites perles de verre soudées à la tige avec une très grande habileté. Dans d'autres, l'échelle avait 60, 70 ou 100 divisions, et 300 ou 400 dans les thermomètres en serpentin. On réglait l'échelle de telle sorte que le thermomètre à 100 divisions marquât 16 ou 17 degrés pour les plus grands froids de l'hiver en Toscane, et 80 degrés sous l'action des rayons solaires, pendant les plus fortes chaleurs de l'été. Dans les mêmes circonstances, le thermomètre à 50 divisions marquait 11 ou 12 degrés dans le premier cas, et 40 dans le second.

Évidemment, une telle graduation restait flottante, et les thermomètres florentins n'étaient pas des instruments comparables. Les académiciens se rendaient bien compte de cet inconvénient, mais, faute de mieux, ils se fiaient à l'habileté des constructeurs pour y remédier. On voit, par

(1) Plusieurs auteurs contemporains attribuent ce perfectionnement au grand-duc Ferdinand II. Nous citerons ici un passage de la *Cosmographia elementaris* R. P. Caspari Knitl, Norimbergæ, 1672 : *Magnus dux Florentiæ ut obviaret incommodo, quo in hyeme aqua glacida thermoscopium rumpit, ingeniosissime ante annos aliquot excogitavit aliud : est vitreus globellus cum collo subtilissimo ad flammam lucernæ elaboratus; hic globellus cum parte colli impletur quintâ essentiâ vini, seu aquâ vitæ rectificatâ hoc modo : cum vitrum adhuc est calidum, intruditur collo aperto in dictum liquorem, et foramen colli clauditur vitro* (pp. 89, 90). Un peu plus loin, parlant des usages des thermoscopes, l'auteur ajoute : *Magnus Dux curavit suum thermoscopium Gallinæ supponi, et notavit gradum caloris, ad excludendos pullos requisitum. Observavit deinde hunc ipsum caloris gradum in fornaculis, et fecit illo calore pullos nasci sine opera Gallinæ* (p. 91).

un passage des *Saggi*, qu'on cherchait à obtenir des appareils aussi semblables que possible, en ayant grand soin de conserver un même rapport entre la capacité du réservoir, le diamètre du tube et la quantité d'alcool introduite.

Ce thermomètre, tout imparfait qu'il fût, devait conduire à une découverte importante. Dans une des expériences rapportées par les *Saggi*, les académiciens de Florence plongèrent dans l'eau bouillante un vase de plomb rempli de glace concassée au milieu de laquelle se trouvait un de leurs thermomètres à 50 divisions. Ils observèrent que tant qu'il y avait de la glace dans le vase, le thermomètre marquait un même point fixe, environ 13,5 degrés. Recommencée cent fois, cette expérience conduisit toujours au même résultat.

Ce fait n'est pas particulier à la glace ; et on ne tarda pas à constater de la même manière que tout corps qui passe de l'état solide à l'état liquide sous l'action de la chaleur, fond, sous pression constante, à une température déterminée, variable avec la nature du corps, et qu'on appelle son *point de fusion*. Cette température reste constante dès l'instant où commence la fusion jusqu'à celui où elle s'achève : on a beau donner au corps plus de chaleur, on ne l'échauffe plus, on le fond. D'ailleurs une variation peu considérable de la pression n'exerce sur le point de fusion des solides qu'une influence négligeable.

Les académiciens de Florence n'utilisèrent point leur découverte. On sut plus tard en tirer un perfectionnement important de leur thermomètre.

Le phénomène de la fusion et les lois qui le régissent permettent, en effet, de réaliser une série de températures absolument déterminées et constantes, indépendantes de tout instrument thermométrique : on aura parfaitement défini les conditions thermiques d'une expérience quelconque quand on aura constaté qu'elle se fait, par exemple, à la température de fusion du zinc ou de

l'étain. Nous pourrions donc établir une échelle de températures fixes, mais discontinues, où se trouveraient repérés un certain nombre de points de fusion. On l'a fait; plusieurs observateurs, Newton entre autres, se sont servis de thermomètres où l'on avait multiplié les points fixes.

Tous les instruments munis de cette échelle devront indiquer la même division quand on les plongera dans le même solide en fusion. Si quelqu'un d'entre eux, au bout d'un certain temps ou après un certain service, cessait d'obéir à cette loi, nous saurions qu'il n'est pas resté comparable à lui-même, que le temps ou l'usage l'ont faussé.

Nous voilà donc, grâce à la découverte des températures constantes de fusion, en possession du moyen de contrôle qui nous manquait encore. Un thermomètre à points fixes et à échelle discontinue serait évidemment moins imparfait que le thermomètre florentin; mais il ne réaliserait pas encore le système de mesures thermiques que nous cherchons.

La fusion des solides n'est pas seule à nous fournir des températures constantes. L'ébullition des liquides nous en fournit également; mais on fut plus longtemps à le découvrir.

Plongeons notre thermomètre au milieu de la vapeur de l'eau bouillante : le mercure, après s'être élevé, se fixera dans le tube à un niveau invariable, si la pression reste constante, tant que durera l'ébullition. La vapeur d'eau bouillante sous une pression déterminée a donc une température fixe. Ce fait échappa aux académiciens de Florence; Robert Hooke, en Angleterre, le connaissait certainement dès 1684. On ne tarda pas à constater qu'il n'est pas particulier à l'eau, mais qu'il s'observe dans la vapeur de tout liquide en ébullition; seulement cette température ne varie pas seulement avec la nature du liquide, elle varie aussi, pour un même liquide, et dans des proportions très appréciables, avec la pression qu'il supporte.

Cette dernière propriété nous permettrait donc d'obtenir, à l'aide d'un seul liquide et en faisant varier les pressions qu'il supporte, une série de températures constantes se suivant par degrés continus. Théoriquement du moins, il y a là tout ce qu'il faut pour achever d'établir un système de mesures thermiques.

Les physiciens sont arrivés au même résultat par une autre voie plus facile et plus sûre.

Quelques années après la dissolution de l'Académie de Florence, un ancien membre de cette société, Charles Renaldini, émit, dans sa *Philosophia naturalis* publiée en 1694, et probablement pour la première fois, l'idée d'utiliser les températures constantes de la fusion de la glace et de l'ébullition de l'eau pour la graduation des thermomètres. Il proposa donc de plonger successivement l'instrument dans la glace fondante et dans l'eau bouillante, et de diviser l'intervalle entre ces deux températures en 12 parties égales; on y serait parvenu, pensait-il, en plongeant successivement le thermomètre dans des mélanges de n parties d'eau froide *(aqua gelida)* et de $12-n$ parties d'eau bouillante.

Les successeurs de Renaldini ont gardé son principe et modifié la manière dont il prétendait l'appliquer. Les raisons qui les ont déterminés sont connues, nous ne les rappellerons pas. Nous passons également sous silence les essais de Boyle, de Newton, d'Halley, d'Amontons, etc., pour arriver à constituer une échelle thermométrique fixe et comparable. Le choix de la substance thermométrique est désormais restreint à l'air, à l'alcool et au mercure; mais Fahrenheit, Deluc, Réaumur, Celsius se servent encore de graduations différentes. Arrêtons-nous à celle qui a définitivement survécu.

Nous n'entrerons pas dans le détail des opérations délicates qu'exigent la construction et la graduation d'un thermomètre centigrade à mercure : on peut les lire dans tous les traités de physique ; nous ne rappellerons que ce qui est nécessaire à notre sujet.

Une quantité convenable de mercure pur et sec a été introduite dans le thermomètre ; le tube capillaire qui prolonge le réservoir est fermé; son volume intérieur, *nous le supposons*, est et reste parfaitement cylindrique à toute température; les parois du réservoir, *nous le supposons* également, ne cédent ni aux variations de pression extérieure ni à celles de la pression intérieure qui dépend de la hauteur du mercure dans le tube quand l'instrument est placé verticalement.

Portons le thermomètre dans la glace fondante, et soit A le niveau auquel le mercure se fixe dans le tube. Portons-le dans la vapeur d'eau bouillante, sous la pression normale, et soit B le point d'affleurement du mercure. Les deux températures correspondantes sont parfaitement déterminées, toujours et partout les mêmes dans les mêmes conditions, et absolument indépendantes d'un thermomètre quelconque. Prenons le point A pour *origine* de la graduation. Inscrivons donc o en face du point A, et appelons *température de 0 degré* la température de la glace fondante. Convenons d'appeler *température de 100 degrés* la température de la vapeur d'eau bouillante, et inscrivons, par conséquent, le nombre 100 en face du point B.

Si le temps et l'usage ne faussent pas le thermomètre, le mercure se fixera au niveau A et au niveau B chaque fois qu'on replacera l'instrument dans la glace fondante et dans la vapeur d'eau bouillante. *Supposons* qu'il en soit ainsi. Alors aux deux températures constantes o et 100 correspondront deux points fixes A et B de la tige ; et le volume intérieur du tube compris entre ces deux points, variable avec la température, reprendra la même valeur chaque fois que le thermomètre repassera par la même température.

Retirons l'appareil de la vapeur d'eau bouillante, laissons-le refroidir et, à une température arbitraire, divisons l'intervalle fondamental AB en 100 parties que

nous supposerons rigoureusement égales : à chacune d'elles correspondra, dans le tube, un volume élémentaire égal à la centième partie du volume AB *à la température actuelle,* et il en sera de même à toute température.

Achevons maintenant la graduation de 0 à 100 et prolongeons-la de part et d'autre des points A et B. Il est clair que nous aurons ainsi *échelonné, repéré* une série de températures, parfaitement déterminées, mais dont deux seulement, les températures 0 et 100, sont indépendantes de l'instrument. En d'autres termes, nous aurons réalisé *une échelle de températures basée sur la dilatation apparente du mercure dans le verre,* échelle fixe et comparable à elle-même aussi longtemps que le thermomètre possèdera toutes les qualités que nous lui avons *supposées.*

Mais quelle est la signification précise et quel usage peut-on faire des nombres qui forment cette échelle? Sont-ils destinés uniquement à jouer le rôle de *numéros d'ordre* et à nous permettre de dénommer, de définir, en la distinguant de toute autre, une température quelconque ? Ou bien sont-ce de *vrais nombres,* résultats de la *mesure* des températures correspondantes rapportées à une unité bien définie?

L'usage que nous faisons des indications du thermomètre ne laisse aucun doute sur la réponse à donner à cette question : ce sont plus que de pures dénominations, ce sont de vrais nombres, puisque nous introduisons à chaque instant, dans nos calculs, les *valeurs numériques* de ces indications. On n'ajoute pas, on ne retranche pas des numéros d'ordre. — L'usage existe ; on ne peut y renoncer ; mais comment se justifie-t-il? Si le thermomètre *mesure* réellement les températures, quelle est l'unité?

Le choix des deux températures *constantes* qui limitent l'intervalle fondamental et les *valeurs* conventionnelles 0 et 100 degrés qu'on leur donne, définissent *une unité de mesure* des températures que j'appellerai *naturelle;* absolue

vaudrait mieux, mais ce mot, nous le verrons tantôt, a reçu une autre signification. Cette unité est la centième partie de la différence invariable, et indépendante de tout appareil thermométrique, qui sépare les températures fixes de la vapeur de l'eau bouillante et de la glace fondante. Le nombre qui mesure une température t, rapportée à cette unité naturelle, est celui qui exprime combien de fois la température t contient cette unité parfaitement définie. La contient-elle 50 fois ? La température t est la moyenne arithmétique exacte des températures de la vapeur d'eau bouillante et de la glace fondante. Sont-ce les nombres résultats de ces mesures que nous lisons sur l'échelle du thermomètre ? Nullement.

La quantité symbolique que nous avons appelée température n'est pas *naturellement,* mais *artificiellement* mesurable. Elle n'est pas naturellement mesurable, parce que la réalité que recouvre ce symbole, la *nature* de cette quantité, nous est inconnue ; elle est artificiellement mesurable, parce que l'expérience nous a permis de rattacher ses variations à celle d'une autre quantité. Pour apprécier, en effet, la grandeur et les variations de la température, nous avons placé entre elle et nous un phénomène thermométrique, la dilatation apparente du mercure dans le verre. La marche de ce phénomène est très certainement liée à celle de la température *naturelle,* mais par une loi que nous ne connaissons pas *à priori,* et que nous ne pourrons déterminer *à posteriori* que le jour où nous aurons établi un système *naturel* de mesures des températures. Quelle que soit cette loi, les nombres que nous lisons à l'affleurement de la colonne de mercure sur l'échelle du thermomètre, *mesurent* les variations de la dilatation apparente du mercure en centièmes du volume actuel 0-100 ; quelle que soit cette loi, ces mêmes nombres, grâce à nos conventions antérieures, *repèrent,* définissent les températures correspondantes ; comment et à quelles conditions peuvent-ils les *mesurer ?*

En attendant que nous puissions déterminer la loi qui relie la dilatation apparente du mercure à la température *naturelle,* nous ne pouvons la fixer que par rapport à un système thermométrique *artificiel,* en sorte que l'expression de cette loi variera avec le système de mesures qui servira à la définir, à peu près comme varie l'équation d'une courbe avec le système d'axes coordonnés auquel on la rapporte. Inversement, nous pouvons déterminer, créer un système *artificiel* de mesures thermiques en nous donnant, par définition, la loi qui, dans ce système, rattachera les variations de la dilatation apparente du mercure dans le verre à la mesure des températures. C'est ce que l'on fait ici ; et l'on choisit la définition de cette loi de telle manière que les nombres qui mesurent sur l'échelle du thermomètre les variations de la dilatation apparente du mercure, mesurent également, dans le système artificiel que cette définition établit, les températures correspondantes ; en d'autres termes, par définition, dans le système thermométrique artificiel réalisé par le thermomètre centigrade à mercure, les variations de la température sont proportionnelles aux variations de la dilatation apparente du mercure dans le verre, estimées en centièmes du volume 0-100, ce volume étant lui-même à la température à mesurer.

Quelle est, dans ce système thermométrique, l'*unité* de température? C'est une quantité variable avec la température à mesurer, comme l'unité de poids est une quantité variable avec la position sur le globe du corps à peser. Supposons que la colonne de mercure s'arrête à la division m, et soit t la température correspondante, mesurée dans le système artificiel défini par le thermomètre centigrade à mercure. L'unité de mesure *du volume 0-m* est la centième partie du volume 0-100 à la température actuelle t ; l'unité de mesure de la *température t* correspondante est la centième partie de la variation de température qui entraînerait une dilatation apparente du mercure

dans le verre égale au volume 0-100, ce volume étant lui-même à la température t.

Il résulte de ces considérations que le thermomètre à mercure définit une échelle de températures et un système de mesures thermiques qui n'ont rien d'absolu, rien de naturel, mais qui sont essentiellement relatifs et artificiels. Encore, ces indications n'ont-elles de valeur réelle que si on les lit sur le thermomètre idéal doué de toutes les qualités que nous avons dû lui supposer : son tube est et reste à toute température parfaitement cylindrique; sa tige est divisée en parties rigoureusement égales; les variations des pressions extérieure et intérieure sont sans influence sur le volume apparent du mercure; enfin les températures constantes 0 et 100 qui limitent l'intervalle fondamental, correspondent à des points fixes de l'échelle. La réalité est toute différente.

La réputation du thermomètre à mercure a subi des vicissitudes étranges : on l'a tour à tour exalté et déprécié outre mesure. C'est qu'on l'a cru d'abord parfait et qu'on lui reconnut plus tard des caprices singuliers qui semblaient le rendre impropre à fournir un instrument comparable. On doit entendre par là que chacun de ses degrés correspond à une température déterminée et toujours la même. Or, les variations irrégulières dont nous parlons, observées par un grand nombre de physiciens, par Regnault et Magnus entre autres, se montrèrent si rebelles qu'on désespéra de les soumettre à des lois précises, et l'on en vint à se demander s'il existait une échelle et un système thermométrique stables, fondés sur la dilatation apparente du mercure dans le verre, ou bien plutôt autant d'échelles et de systèmes qu'il y avait de thermomètres à mercure.

Des travaux récents, de très grande précision, ont dissipé ces appréhensions, et apporté au thermomètre à mercure un regain de faveur qui le ramène, et définitivement, aux plus beaux jours de son histoire. Nous ne pouvons

que les signaler ici (1) et en indiquer la conclusion : tous les thermomètres à mercure de même verre, soigneusement construits, étudiés individuellement, manipulés suivant certaines règles scrupuleusement respectées, et dont les lectures sont ramenées systématiquement aux conditions du thermomètre idéal par des corrections relatives au calibrage, aux pressions extérieure et intérieure, à la position des points fixes, et propres à chaque instrument, donnent une échelle et un système thermométrique qui restent les mêmes dans les limites des erreurs inévitables d'observation.

On peut se demander jusqu'à quel point cette échelle et ce système thermométrique artificiels suffisent pour diriger avec succès l'étude des phénomènes produits par la chaleur. Ils suffisent complètement. Si les lois de ces phénomènes étaient connues et exprimées en fonction des températures naturelles, on pourrait, par une sorte de transformation de coordonnées, les exprimer en fonction des températures mesurées dans un système thermométrique artificiel quelconque, celui que définit le thermomètre centigrade à mercure, par exemple. Or ce sont ces formules transformées, qui représentent les lois réelles, moins simplement peut-être, mais tout aussi exactement que le feraient les formules naturelles, que nous donne maintenant l'observation. Les lois de la chaleur peuvent donc être découvertes par des expériences convenables et traduites dans des formules exactes où les températures seront évaluées en degrés artificiels du thermomètre centigrade à mercure, ou d'un thermomètre précis quelconque. Mais leurs énoncés étant aussi intimement liés au système thermométrique employé que les équations des courbes le sont au système d'axes coordonnés auxquels on

(1) *Travaux et mémoires du Bureau international des poids et mesures*, tomes I et VI; recherches de MM. Pernet, Chappuis, et surtout de M. Ch. Guillaume. Voir aussi Ch. Guillaume, *Traité pratique de la thermométrie de précision*, Paris, Gauthier-Villars, 1889.

les a rapportées, il faudra faire connaître ce système, ou en adopter un de commun accord.

Le thermomètre à gaz est aujourd'hui le thermomètre normal des physiciens. Nous avons rappelé plus haut les avantages qu'offrent les substances thermométriques gazeuses sur les substances thermométriques liquides au point de vue de la sensibilité et de la comparabilité des thermomètres. Ces avantages sont de l'ordre purement pratique ; ils ont moins contribué, au début, à établir la réputation du thermomètre à gaz que des considérations théoriques qui ont actuellement beaucoup perdu de leur valeur.

Gay-Lussac avait cru montrer que tous les gaz, sous l'action de la chaleur, subissent un égal accroissement de volume, quelles que soient leur nature et la pression constante qu'ils supportent ; et les premières études calorimétriques des gaz avaient fait admettre que leurs variations de volume étaient rigoureusement proportionnelles aux *quantités* de chaleur reçues. Il était donc naturel de mesurer les températures par la dilatation des gaz.

Regnault a changé tout cela. C'est triste à dire, mais les lois de Gay-Lussac relatives à la dilatation des gaz, exposées avec une complaisance bien légitime dans les anciens traités de physique, ne sont, comme la loi de Mariotte relative à la compressibilité des gaz, que des lois limites : en réalité les différents gaz ont des coefficients de dilatation, sous pression constante, qui leur sont propres et qui varient avec la pression ; et ils ne mesurent pas rigoureusement, par leur dilatation, les *quantités* de chaleur qu'ils ont reçues.

D'ailleurs, on est porté, au premier abord, à exagérer les avantages que l'on retirerait du choix d'une substance thermométrique dont le coefficient de capacité calorifique, comme celui de la capacité d'un vase parfaitement cylindrique, resterait constant. En la voyant se dilater de

quantités égales, nous saurions sans doute qu'elle a reçu, à chaque pas, une même quantité de chaleur ; mais nous ne pourrions tirer de là aucun renseignement sur la chaleur reçue par les corps dont elle servirait à évaluer les températures. Imaginons qu'un vase de forme quelconque, (supposons-le conique pour fixer les idées), soit en communication avec un vase manométrique cylindrique. Versons du liquide dans le vase conique : le niveau s'élèvera dans les deux vases ; à des accroissements égaux du niveau dans le vase cylindrique répondront des quantités de liquide reçues égales ; mais qui ne voit qu'on ne peut rien en conclure touchant la mesure des quantités de liquide reçues par le vase conique ? Quelle que soit la substance thermométrique employée, les indications du thermomètre sont sans aucun rapport précis avec les *quantités* de chaleur qui ont élevé les corps aux niveaux calorifiques ou aux *températures* qu'elles servent à apprécier.

Toutefois, si les gaz ont été dépouillés des propriétés dont les avaient dotés les premiers observateurs, ils n'en conservent pas moins des qualités précieuses qui ressemblent très fort à ces propriétés. Il résulte, en effet, des travaux de Regnault, que les thermomètres à gaz sont des instruments parfaitement comparables lors même qu'on les charge avec des gaz différents, mais très éloignés de leur point de liquéfaction, et sous des pressions initiales qui peuvent varier entre des limites assez étendues ; en outre, les températures qu'ils indiquent sont, non pas absolument, mais sensiblement proportionnelles aux quantités de chaleur qu'ils absorbent, sur une grande étendue de l'échelle thermométrique.

Chaque physicien peut donc construire son *thermomètre normal*. La valeur des indications qu'il fournira dépendra du soin apporté à sa construction, à ses lectures et à leurs corrections, en un mot des installations expérimentales du laboratoire et de l'habileté de l'opérateur. Il n'en est pas toujours ainsi dans les questions de mesure. Quand

on évalue une longueur, par exemple, au moyen d'une règle divisée en millimètres, si habile que soit l'opérateur, la mesure n'est exacte que si le millimètre de sa règle est le vrai millimètre. Il ne peut en être certain qu'après avoir comparé sa règle à l'étalon de longueur. La mesure des températures est affranchie de cette opération très délicate : le thermomètre normal est établi et reproduit de toutes pièces, sans qu'il soit nécessaire de contrôler les indications en les rapprochant de celles d'un thermomètre étalon conservé avec le soin jaloux qui entoure les prototypes du mètre et du kilogramme.

Ajoutez à cela que le thermomètre à gaz se prête, avec une égale complaisance, à la mesure des températures basses et des températures élevées : son échelle n'a d'autre limite pratique que celle que lui fixe le point de fusion des réservoirs employés. Sans doute, à l'usage il se montrera souvent incommode : c'est un outil indispensable mais d'un maniement pénible; il pourra du moins toujours servir pour la graduation d'autres corps thermométriques que l'on emploiera dans les expériences courantes.

C'est plus qu'il n'en faut pour justifier le choix des gaz comme substances thermométriques.

On peut les utiliser de deux manières différentes : en mesurant leur dilatation à volume constant ou à pression constante. Les modes opératoires sont différents; les systèmes thermométriques qu'ils fournissent ne sont pas identiques; ils le seraient pour un gaz qui suivrait rigoureusement la loi de Mariotte. Nous n'avons pas à rappeler ici les raisons qui ont fait préférer le premier.

L'échelle thermométrique normale, adoptée par le comité international des poids et mesures, est l'échelle centigrade du thermomètre à hydrogène, pris sous volume constant et sous la pression manométrique de 1 mètre de mercure. Ce thermomètre a un réservoir en platine iridié d'une capacité d'un litre.

Nons n'avons parlé jusqu'ici que des thermomètres fondés sur la dilatation d'une substance convenablement choisie. En commençant, nous signalions une foule d'autres effets de la chaleur susceptibles de devenir, eux aussi, des *phénomènes thermométriques*. De fait, presque tous ont joué ce rôle dans des circonstances spéciales, et plusieurs rendent tous les jours d'excellents services à la science et à l'industrie quand elles ont à apprécier des variations de température trop faibles ou trop étendues pour qu'on puisse en confier le soin à la dilatation.

La chaleur dessèche les corps. Le célèbre potier anglais, Wedgwood, l'inventeur de la faïence fine, a trouvé dans cette propriété, étudiée sur l'argile, le principe de son pyromètre.

La chaleur dissocie les composés chimiques; elle décompose, par exemple, graduellement le carbonate de chaux en dégageant de l'acide carbonique capable d'une tension maximum déterminée pour chaque température. La dissociation a conduit à la construction de pyromètres chimiques.

La chaleur modifie la force élastique et la densité des vapeurs. M. Pictet a employé comme thermomètre, pour les basses températures, un appareil donnant ces températures au moyen des forces élastiques maxima de l'acide sulfureux. La mesure de la densité de la vapeur d'iode a rendu, dans d'autres circonstances, un service analogue.

La chaleur fournie à différents corps en quantités égales les échauffe inégalement. Les belles recherches de M. Violle sur la chaleur spécifique du platine ont permis d'utiliser le calorimètre pour la mesure des températures élevées.

La chaleur modifie les propriétés optiques des corps transparents. On a reconnu que le pouvoir rotatoire du quartz pouvait devenir un phénomène thermométrique.

La chaleur fait naître des courants électriques. Le pyromètre thermo-électrique de Pouillet, le thermo-mul-

tiplicateur de Melloni, le radio-micromètre imaginé par le Dr d'Arsonval, réinventé et perfectionné par M. Boys, etc., sont de vrais thermomètres électriques.

La chaleur fait varier les résistances électriques. Le pyromètre électrique de Siemens, et le bolomètre du professeur Langley, qui a donné et promet de si merveilleux résultats, font servir ces résistances à la mesure des températures.

Enfin, la chaleur rend les corps incandescents. Une foule de physiciens, Ed. Becquerel, Crova, Violle, Le Chatelier, etc., ont concouru à fonder divers systèmes thermométriques sur la variation, avec la température, des intensités relatives des radiations inégalement réfrangibles, émises par les corps rendus incandescents.

On a donc imaginé, et on pourra imaginer encore, une infinité d'échelles et de systèmes thermométriques, variables avec la nature du phénomène et la nature des substances mises en œuvre, tous distincts les uns des autres et représentant une même température par des nombres qui ne sont ni identiques, ni proportionnels entre eux, et qui introduiraient dans la science une confusion inextricable si l'on ne prenait soin de les transformer en degrés centigrades du thermomètre à gaz.

Parmi tant de systèmes possibles, artificiels et arbitraires, n'en est-il pas un moins artificiel et moins arbitraire que les autres ? Oui, il en est un ; et le nom de *système de températures absolues* qu'on lui a donné semble même insinuer qu'il n'a rien gardé d'artificiel et d'arbitraire.

Parmi les effets de la chaleur, il en est un qui les résume et les contient tous : *la chaleur travaille*. On sait que la partie de la physique qui traite des relations entre le travail mécanique d'une part et les quantités de chaleur et les températures de l'autre, ou la thermodynamique, repose sur deux lois générales, fondées sur l'expérience, le

principe de l'équivalence et le *principe de Carnot*. L'établissement de l'échelle thermodynamique des températures absolues est une explication de ce second principe. Une analogie, développée par Carnot, nous tiendra lieu de toute explication.

Un moteur hydraulique ne peut produire de travail sans chute d'eau. Le rendement du moteur, utilisant la chute d'un kilogramme d'eau tombant d'un niveau supérieur A à un niveau inférieur B, n'a pas de minimum : la construction et l'installation du moteur peuvent être défectueuses au point de le paralyser et de le rendre inerte. Si mobiles que soient ses organes, ce rendement ne peut pas croître sans limite : le moteur ne crée pas l'énergie, il transforme celle qu'il reçoit ; or il ne peut en recevoir plus que la chute d'eau qui le met en mouvement n'en contient ; en réalité, il en laissera toujours se perdre une partie, d'autant plus petite qu'il sera moins imparfait. Supposons-le parfait.

Pour atteindre le rendement maximum, il faudra que l'eau soit conduite du niveau A au niveau B sans cesser de travailler ; et pour que toute la force motrice soit utilisée, il faudra qu'elle soit équilibrée à chaque instant par une force de résistance qui en diffère infiniment peu : si la résistance l'emportait à un moment donné sur la force motrice, elle ne pourrait être vaincue ; si elle était plus petite, toute la force disponible ne serait pas utilisée. Les conditions mécaniques du rendement maximum sont donc infiniment voisines des conditions d'équilibre. Le moteur travaillera avec une lenteur infinie ; une pression infiniment petite, s'opposant à sa marche normale, renversera son mouvement et fera remonter l'eau du niveau A vers le niveau B.

Dans ces conditions, le rendement ne dépendra que de la différence des niveaux A et B ; la nature, la construction, l'installation du moteur parfait qui transforme l'énergie de la chute d'eau en travail ne le modifieront pas. Il s'ensuit que l'*on pourra déduire de la mesure du travail produit, celle de la différence des niveaux A et B.*

Il serait trop long de rappeler ici comment l'application de ces considérations à un moteur thermique conduit à l'énoncé du principe de Carnot ; et nous ne pouvons que laisser entrevoir comment la mesure de la différence des températures d'une source plus chaude A et d'une source moins chaude B peut se définir par celle du travail produit par le passage d'une calorie de la source A à la source B.

Ainsi, l'échelle et le système des températures dites *absolues* reposent sur le choix *arbitraire* d'un phénomène thermique, le rendement de la chaleur en travail. Ils sont indépendants de la nature du corps thermométrique qui effectue la transformation, c'est ce qui leur vaut l'appellation d'*absolus*. Mais pour déterminer directement les températures absolues, il faudrait avant tout réaliser un moteur quelconque vraiment réversible.

Supposons que les gaz suivent parfaitement la loi de Mariotte ; supposons qu'ils aient tous le même coefficient constant de dilatation et de chaleur spécifique, et que le travail intérieur y soit rigoureusement nul : leur énergie interne serait fonction de la température seule, et le thermomètre à gaz sous volume constant jouerait, jusqu'à un certain point, le rôle de machine réversible. Quel que soit le gaz dont on l'aurait chargé, sous une pression quelconque, la quantité de chaleur qu'il absorbera en passant d'une température t_1 à une température t_2 s'y trouvera transformée en travail d'élasticité dont nous lirons la mesure sur l'échelle graduée ; et la mesure de ce travail nous donnera celle de la différence des températures t_1 et t_2.

En réalité, le thermomètre normal réalise sensiblement ces conditions. Ses indications, surtout quand elles se rapportent aux températures élevées, donnent, par un simple déplacement du zéro, les températures absolues ; mais l'approximation diminue, et de plus en plus, pour les températures très basses : l'énergie interne des gaz réels cesse alors d'être fonction de la température seule, et il n'y

a plus de proportion entre les variations de la température absolue et celles du travail d'élasticité.

Nous n'avons voulu dire un mot des températures absolues que pour signaler cette dernière propriété du thermomètre normal ; nous dépasserions notre but en insistant davantage.

Une page du *Traité de physique* de Biot servira de conclusion à cette étude trop longue et trop aride pour ne pas se clore par une justification et une excuse.

« Par tout ce qui vient d'être dit..., on voit qu'un grand nombre de physiciens distingués ont travaillé depuis longtemps pour donner au thermomètre toute l'exactitude et toute la sensibilité dont il est susceptible. Tant de recherches employées à fabriquer un petit instrument de verre peuvent paraître minutieuses, si l'on n'y voit qu'un objet de pure curiosité ; elles sont de la plus haute importance, si l'on fait attention aux conséquences qui en dérivent, et aux connaissances que nous en tirons sur les phénomènes de la nature. Les applications du thermomètre dans la physique, la chimie et les autres sciences naturelles sont innombrables. Les indications qu'il nous donne sont la base de toute la théorie de la chaleur ; il est le régulateur de toutes les opérations chimiques ; l'astronome le consulte à chaque instant dans ses observations, pour calculer les déviations que les rayons lumineux émanés des astres éprouvent en traversant l'atmosphère, qui les brise et les courbe plus ou moins, suivant sa température. C'est encore au thermomètre que nous devons les connaissances que nous avons sur la chaleur animale, produite et entretenue par la respiration. C'est lui qui fixe dans chaque lieu la température moyenne de la terre et du climat ; qui nous montre la chaleur terrestre constante dans chaque lieu, mais diminuant d'intensité depuis l'équateur jusqu'aux pôles constamment glacés ; c'est encore lui qui nous apprend que la chaleur

décroît à mesure que l'on s'élève dans l'atmosphère, vers la région des neiges éternelles, ou qu'on s'enfonce dans les abîmes des mers, d'où résultent les changements progressifs de la végétation à diverses hauteurs. Lorsqu'on voit tant de résultats obtenus par le seul secours d'un peu de mercure enfermé dans un tube de verre, et qu'on songe qu'un petit morceau de fer, suspendu sur un pivot, a fait découvrir le Nouveau-Monde, on conçoit que rien de ce qui peut agrandir et perfectionner les sens de l'homme ne doit être d'une légère considération ; et ce motif me servira d'excuse à moi-même pour la multiplicité des détails dans lesquels je viens d'entrer » (1).

J. Thirion, S. J.

(1) Biot, *Traité de physique*, Paris 1816; tome I, ch. II, pp. 61-62.

NOTATION ATOMIQUE

ET

HYPOTHÈSES ATOMISTIQUES

Dans un récent article, auquel la *Revue des questions scientifiques* a bien voulu ouvrir ses pages hospitalières, nous avons insisté sur quelques idées relatives aux théories physiques; ces idées ne sont, assurément, ni neuves, ni personnelles; elles sont cependant, croyons-nous, loin d'être répandues comme il conviendrait qu'elles le fussent.

Donner à ces idées une forme concrète en marquant comment elles doivent s'appliquer à une théorie particulière, ce serait le moyen assuré d'en mieux marquer le rôle et la portée. Mais les théories de la physique mathématique, auxquelles s'appliquent directement les réflexions que nous avons développées, sont, en général, si abstraites; elles sont entourées d'un appareil analytique si compliqué, si mystérieux pour ceux qu'une longue initiation n'a pas familiarisés avec les symboles qui

composent la langue géométrique; les questions mêmes qu'elles discutent sont si éloignées des préoccupations communes, qu'il serait bien difficile de soumettre, dans les pages de cette *Revue,* quelqu'une de ces théories à une critique détaillée.

Aussi avons-nous dû chercher ailleurs un exemple propre à rendre vivantes, en les particularisant, les considérations générales dont les théories physiques avaient été l'objet; nous n'avons pas cru pouvoir mieux faire que de choisir la théorie chimique moderne. Sa forme séduisante; son langage et ses symboles propres à frapper l'imagination ; la prodigieuse lumière qu'elle a projetée sur le chaos de la chimie organique ; ses synthèses qui ont agrandi le domaine déjà si vaste de cette science et qui, du même coup, ont enrichi l'industrie et les arts d'une foule de produits utiles ou brillants ; les débats passionnés auxquels ses principes ont donné lieu; tout contribue à attirer sur elle l'attention, et ce serait faire injure aux lecteurs de la *Revue* que de supposer qu'ils ne la connaissent pas, au moins dans ses grandes lignes.

La théorie chimique, il est vrai, est d'une nature tout autre que les théories physiques : celles-ci ont pour objet de nous représenter les lois suivant lesquelles se produisent certains phénomènes, celle-là cherche à classer les corps; la théorie chimique décrit les organes qui composent le monde physique, les théories physiques cherchent à nous montrer comment ces organes fonctionnent; il y a, entre ces deux groupes de théories, une différence du même ordre qu'entre la morphologie et la physiologie.

Mais cette différence, bien loin de nuire au but que nous poursuivons, nous viendra en aide : si les principes tracés à l'occasion des théories de la physique mathématique s'appliquent encore à une doctrine de nature aussi différente que la doctrine chimique; s'ils servent à en éclaircir les difficultés, à en écarter les controverses, n'est-ce pas une bonne preuve de leur généralité?

I

LA FORMULE BRUTE ET LE POIDS ÉQUIVALENT.

Les poids des divers éléments qui composent une combinaison donnée sont dans un rapport absolument fixe ; ainsi, dans l'eau, le poids de l'oxygène est toujours huit fois plus grand que le poids de l'hydrogène ; dans l'acide sulfureux, le poids du soufre est égal au poids de l'oxygène. C'est la *loi des proportions définies*.

Cette loi, prise isolément, permettrait de déterminer chaque combinaison par une formule conçue à peu près comme les formules qui servent au pharmacien pour reproduire un remède donné : pour faire de l'eau, combinez un gramme d'hydrogène et 8 grammes d'oxygène ; pour faire du chlorhydrate d'ammoniaque, combinez 4 grammes d'hydrogène, 14 grammes d'azote, 35,5 grammes de chlore ; telle serait l'allure de la formule chimique.

De semblables formules exigeraient de la mémoire un effort considérable, puisque rien ne les relierait les unes aux autres ; ce sont cependant elles seules qui représentent les données expérimentales de l'analyse chimique.

Mais ici intervient une première remarque qui déjà les simplifie grandement.

A chaque corps simple, on peut faire correspondre un nombre, plus ou moins compliqué, caractéristique de ce corps simple. Ce sera, par exemple, 1 pour l'hydrogène, 16 pour l'oxygène, 32 pour le soufre, 14 pour l'azote, 35,5 pour le chlore, etc..... Le nombre correspondant à chaque corps simple est dit *nombre proportionnel* de ce corps. Toutes les fois que deux ou plusieurs corps simples se combinent, les poids de ces corps qui se combinent sont entre eux dans le rapport des nombres proportionnels correspondants, ou des produits de ces nombres proportionnels par des nombres entiers généralement simples.

Ainsi, lorsque l'azote se combine à l'hydrogène pour former de l'ammoniaque, les poids d'azote et d'hydrogène qui se combinent sont entre eux comme le nombre 14, nombre proportionnel de l'azote, et le nombre 3, produit du nombre proportionnel de l'hydrogène par 3 qui est un nombre entier simple. Lorsque le chlore se combine à l'oxygène pour former de l'acide perchlorique, les poids de chlore et d'oxygène qui se combinent sont entre eux comme 71 et 112 ; c'est le rapport de 2 fois le nombre proportionnel du chlore à 7 fois le nombre proportionnel de l'oxygène. Une remarque analogue s'appliquera à toutes les combinaisons du chlore et de l'oxygène : les poids de chlore et d'oxygène qui forment une de ces combinaisons seront entre eux comme $35{,}5 \times M$ et $16 \times N$, M et N étant deux nombres entiers simples tels que 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.

Cette remarque est le fondement sur lequel repose l'introduction de la formule chimique.

Au lieu d'écrire constamment le nombre proportionnel de chaque corps simple, on le représente par une lettre. Ainsi la lettre H représente le nombre proportionnel 1 de l'hydrogène ; la lettre O, le nombre proportionnel 16 de l'oxygène, le symbole Cl, le nombre proportionnel 35,5 du chlore. Un tableau, placé au début des Traités de chimie, fera connaître le nombre que représente chacun de ces symboles et le corps simple auquel il correspond.

Ainsi, on lira dans ce tableau :

Hydrogène. . . .	H = 1
Oxygène	O = 16
Soufre	S = 32
Azote	Az = 14
Chlore	Cl = 35,5

Ce tableau constitué, supposons que nous voulions représenter la composition de l'acide perchlorique : au lieu

d'écrire que cet acide est formé par la combinaison de 71 grammes de chlore et de 112 grammes d'oxygène, il nous suffira de rappeler par un symbole que les poids de chlore et d'oxygène qui forment cet acide sont entre eux comme 2 fois le nombre proportionnel du chlore est à 7 fois le nombre proportionnel de l'oxygène; le symbole adopté est celui-ci : Cl^2O^7. De même, l'ammoniaque sera représentée par le symbole AzH^3.

Veut-on juger combien cette manière de représenter la composition chimique des corps soulage la mémoire? Un exemple nous le montrera : prenons les combinaisons oxygénées de l'azote. Dans la manière *pharmaceutique* de formuler, nous dirons :

Le protoxyde d'azote renferme	28	gram.	d'azote	et	16	gram.	d'oxygène
Le bioxyde d'azote	14	»	»		16	»	»
L'acide azoteux	28	»	»		48	»	»
L'acide hypoazotique	14	»	»		32	»	»
L'acide azotique	28	»	»		80	»	»

Au contraire, à l'aide de la formule *chimique*, nous dirons :

Le protoxyde d'azote a pour formule Az^2O,
Le bioxyde d'azote . . . . . AzO,
L'acide azoteux . . . . . Az^2O^3,
L'acide hypoazotique . . . . . AzO^2,
L'acide azotique . . . . . Az^2O^5.

Qui ne voit combien ces formules chimiques sont plus aisées à retenir que les formules pharmaceutiques? Et cependant, jointes au tableau des nombres proportionnels, elles nous donnent les mêmes renseignements que celles-ci ; elles nous permettent de les reconstituer.

Maintenant, quelques remarques au sujet de ces formules chimiques.

En premier lieu, la formule d'un corps composé est-elle déterminée absolument et sans équivoque? N'est-il pas possible d'attribuer à un même composé plusieurs formules différentes? Assurément. Voici, par exemple, l'acide

hypoazotique : vous pouvez dire que les poids d'azote et d'oxygène qui le composent sont entre eux comme 14 et 32, c'est-à-dire comme une fois le nombre proportionnel de l'azote et deux fois le nombre proportionnel de l'oxygène ; ce corps a alors pour formule AzO^2 ; mais vous pouvez dire aussi que l'acide hypoazotique est formé de poids d'azote et d'oxygène qui sont entre eux comme 28 et 64, c'est-à-dire comme deux fois le nombre proportionnel de l'azote et quatre fois le nombre proportionnel de l'oxygène ; l'acide hypoazotique aura alors pour formule Az^2O^4. De même, on pourra attribuer au bioxyde d'azote les formules AzO, Az^2O^2, Az^3O^3, etc.

Voilà donc un premier point établi : *à un même composé, on peut faire correspondre plusieurs formules différentes;* ces différentes formules se déduisent de la plus simple d'entre elles en multipliant par un même nombre entier les chiffres qui figurent en exposants dans celle-ci.

En second lieu, le nombre proportionnel d'un corps simple est-il déterminé absolument et sans équivoque? Évidemment non. Supposons qu'au lieu de prendre pour nombre proportionnel de l'oxygène le nombre 16, nous prenions la moitié de ce nombre, le nombre 8. Ne pourrons-nous pas répéter des considérations absolument semblables aux précédentes? Les poids d'oxygène entrant dans diverses combinaisons, qui étaient des multiples simples du nombre 16, seront des multiples simples du nombre 8. On pourra, avec ce nouveau nombre proportionnel, écrire les formules chimiques des composés oxygénés aussi bien qu'avec le premier; seulement ces formules ne seront plus les mêmes. Par exemple, avec ce nouveau nombre proportionnel de l'oxygène,

le protoxyde d'azote a pour formule AzO,
le bioxyde d'azote. . . . . AzO^2,
l'acide azoteux. . . . . AzO^3,
l'acide hypoazotique . . . . . AzO^4,
l'acide azotique . . . . . AzO^5.

Voilà donc une deuxième conclusion qui a une grande importance. *On peut remplacer le nombre proportionnel de chaque corps simple par un autre nombre proportionnel obtenu en multipliant ou en divisant le premier par un nombre simple.*

Les principes que nous venons d'exposer ne peuvent donc suffire à bannir la confusion de la notation chimique : ceux qui acceptent le nombre 16 pour nombre proportionnel de l'oxygène, vont attribuer à l'eau la formule H^2O, tandis que ceux qui adoptent le nombre 8 pour nombre proportionnel de l'oxygène écriront la formule de l'eau HO ou H^2O^2 ; et cette dernière formule est celle que les premiers chimistes attribueront à l'eau oxygénée.

Pour éviter cette confusion, il est nécessaire d'introduire dans la notation chimique une nouvelle convention ; cette nouvelle convention est la suivante :

On cherchera à représenter par des formules analogues les composés chimiques analogues.

Un exemple va nous montrer immédiatement comment ce principe permet de restreindre l'indétermination de la notation chimique.

Quel nombre proportionnel adopterez-vous pour le soufre ? Vous pouvez prendre l'un des nombres 8, 16, 32, 48, 64... A chacun de ces nombres correspondra, pour l'acide sulfhydrique, une formule différente ; on aura ainsi les formules HS^2, HS, H^2S, H^3S, H^4S. Si vous n'invoquez pas la convention précédente, votre choix demeure libre entre ces différentes formules ; mais si vous acceptez la convention précédente, une règle lui est aussitôt imposée. L'acide sulfhydrique est analogue à l'eau ; vous devez lui donner une formule semblable à celle de l'eau.

Si vous avez adopté pour l'oxygène le nombre proportionnel 8, vous avez donné à l'eau la formule HO ; il faut alors donner à l'acide sulfhydrique la formule HS, ce qui

vous oblige à prendre 16 pour nombre proportionnel du soufre ; si vous avez adopté pour l'oxygène le nombre proportionnel 16, vous avez donné à l'eau la formule H^2O, ce qui vous oblige à donner à l'acide sulfhydrique la formule H^2S, et au soufre le nombre proportionnel 32.

Ainsi, de ce fait que l'oxygène et le soufre donnent naissance à deux composés analogues entre eux, il résulte que les nombres proportionnels de ces deux corps ne peuvent être choisis arbitrairement ; lorsqu'on a choisi le nombre proportionnel de l'un, on a, par cela même, fixé le nombre proportionnel de l'autre. C'est une conclusion que nous pouvons généraliser en disant :

Lorsque deux corps simples peuvent donner naissance à deux composés analogues entre eux, si l'on connaît le nombre proportionnel de l'un de ces corps simples, le nombre proportionnel de l'autre est, par cela même, fixé.

Ces deux nombres proportionnels, ainsi liés l'un à l'autre, sont dits *poids équivalents* entre eux des deux corps simples ; ainsi le nombre 8 pour l'oxygène et le nombre 16 pour le soufre sont des poids équivalents d'oxygène et de soufre ; le nombre 16 pour l'oxygène et le nombre 32 pour le soufre sont encore des poids équivalents d'oxygène et de soufre.

La convention que nous venons d'exposer va-t-elle nous permettre de bannir toute ambiguïté de la notation chimique ? Va-t-elle nous conduire à la détermination d'un système unique de nombres proportionnels, tous *équivalents* entre eux ? Va-t-elle assurer la concordance du langage symbolique employé par les divers chimistes ?

Cet accord se heurte à une première difficulté. Pour qu'il puisse résulter de la convention précédente, il faut d'abord que tous les chimistes s'entendent pour regarder comme analogues les mêmes composés chimiques. Or cette entente n'a rien de nécessaire.

Tous les géomètres sont d'accord pour regarder tous

les angles droits comme égaux entre eux, ou pour déclarer que d'un point on ne peut abaisser qu'une perpendiculaire sur une droite; et cet accord est nécessaire: en effet, on a défini sans ambiguïté ce que c'était qu'un angle droit, ce que c'était qu'une perpendiculaire; de ces définitions, il résulte, par une déduction logique, que tous les angles droits sont égaux, que d'un point on ne peut abaisser deux perpendiculaires sur une droite; en sorte que si quelqu'un s'avisait de nier l'une ou l'autre de ces propositions, on pourrait, par une suite de syllogismes en bonne et due forme, l'acculer à une contradiction.

Mais au contraire, mis en présence de deux chimistes dont l'un affirme l'analogie de deux corps et dont l'autre la nie, je n'ai pas le droit de dire à l'un : ce que vous dites est certain, et à l'autre : ce que vous énoncez est absurde; mon jugement sur le différend qui les partage ne peut pas être raisonnablement formulé en termes aussi rigoureux. Je puis seulement dire à l'un : j'approuve votre opinion; à l'autre : je ne suis pas de votre sentiment. Il est, en effet, impossible de définir l'analogie chimique; de marquer avec une précision qui exclue toute ambiguïté les caractères auxquels on reconnaîtra que deux composés sont ou ne sont pas analogues; en l'absence d'une semblable définition, je manque de base pour construire un raisonnement propre à convaincre celui qui nie une analogie que j'admets ou qui admet une analogie que je nie; en l'absence d'une semblable définition, l'appréciation de l'analogie chimique demeure personnelle, relative, variable d'un chimiste à un autre, d'une école à une autre.

Assurément, il est des analogies si frappantes qu'aucun chimiste sensé ne saurait les nier; il est des corps qui présentent de telles similitudes dans la plupart de leurs propriétés que personne n'hésitera à les rapprocher. Qui donc, par exemple, aurait l'idée de séparer les uns des autres les acides sulfhydrique, sélénhydrique et tellurhydrique? ou bien encore les acides chlorhydrique, bromhydrique et iodhydrique?

Mais il n'en est pas toujours ainsi. Un chimiste pourra, avec Dumas, trouver une certaine analogie entre l'acide chlorhydrique et l'acide sulf hydrique; s'il a donné à l'acide chlorhydrique la formule HCl, il donnera à l'acide sulfhydrique la formule HS. Un autre pourra nier l'analogie de ces deux acides et, tout en conservant pour l'acide chlorhydrique la formule HCl, donner à l'acide sulfhydrique une formule de forme différente, par exemple H^2S. Encore une fois, la logique ne nous donne aucun moyen de couper court à leur querelle.

Toutefois, si la logique est impuissante à contraindre deux chimistes de se mettre d'accord sur les caractères de l'analogie chimique, elle oblige du moins un chimiste à être d'accord avec lui-même au sujet de ces caractères.

Supposons, par exemple, qu'un chimiste ait énoncé, au début d'un Traité, la règle suivante : nous regarderons comme analogues deux composés qui formeront des cristaux isomorphes. Le voilà obligé de regarder comme analogues les permanganates et les perchlorates, qui sont isomorphes; de donner la même formule à l'acide perchlorique et à l'acide permanganique. Si, après cela, au cours de son Traité, nous le voyons donner à l'acide permanganique la formule Mn^2O^7 et à l'acide chlorique la formule ClO^7, nous sommes en droit de lui dire : vous péchez contre la logique, vous commettez une absurdité. Cessez de regarder l'isomorphisme comme une marque d'analogie chimique, ou bien donnez la même formule à l'acide permanganique et à l'acide perchlorique. Entre ces deux partis, vous pouvez choisir celui qui vous plaira; mais nous sommes en droit de vous obliger à faire un choix.

Tel est le seul moyen de conviction dont nous disposions pour trancher les discussions que soulève la fixation des formules chimiques; ce moyen semble bien limité; sa puissance est, en réalité, bien plus grande qu'on ne croit, tant il est rare que l'on soit conséquent avec soi-même !

Supposons que, placés en présence de deux composés, tous les chimistes soient d'accord pour décider que ces deux composés sont analogues ou pour déclarer qu'ils ne le sont pas. En résulte-t-il que les nombres proportionnels de tous les corps simples, que les formules chimiques de tous les corps composés soient fixés sans laisser place à aucune divergence? Pas nécessairement, et ici une nouvelle difficulté se présente qu'il nous faut examiner.

Voici un certain nombre de corps simples qui fournissent des composés dont l'analogie est indubitable. Nous les plaçons l'un auprès de l'autre dans une même famille : ce sont, par exemple, le chlore, le brome, l'iode, le fluor. La condition que nous nous sommes imposée, de représenter les composés analogues par des formules analogues, nous fixera les nombres proportionnels du brome, de l'iode et du fluor lorsque nous nous serons donné le nombre proportionnel du chlore. Si, par exemple, nous avons pris 35, 5 pour *nombre proportionnel* du chlore, nous serons obligés de prendre pour nombres proportionnels du brome, de l'iode et du fluor, les *poids équivalents* à 35, 5 de chlore, c'est-à-dire les nombres 80, 127 et 19.

Voici, maintenant, une autre famille de corps simples qui forment des composés présentant entre eux d'étroites analogies : ce sont, par exemple, l'oxygène, le soufre, le sélénium, le tellure. Ici encore, si nous avons adopté pour l'oxygène un certain nombre proportionnel, nous serons obligés de prendre pour le soufre, le sélénium, le tellure, des nombres proportionnels bien déterminés, à savoir les poids équivalents qui correspondent au nombre proportionnel choisi pour l'oxygène.

Mais le choix de ce nombre proportionnel de l'oxygène est, jusqu'ici, arbitraire. Je puis prendre pour l'oxygène le nombre proportionnel 8; alors le soufre, le sélénium, le tellure auront pour nombres proportionnels respectifs :

16; 40; 64; la formule de l'eau sera HO; les acides sulfhydrique, sélénhydrique, tellurhydrique s'écriront HS, HSe, HTe. Je puis, au contraire, prendre pour l'oxygène le nombre proportionnel 16; alors le soufre, le sélénium, le tellure auront pour nombres proportionnels respectifs : 32; 80; 128; la formule de l'eau sera H^2O; l'acide sulfhydrique, l'acide sélénhydrique, l'acide tellurhydrique s'écriront H^2S, H^2Se, H^2Te.

Voilà une indétermination; peut-on la faire disparaître? Oui, si l'on peut montrer entre un composé fourni par un corps de la famille du chlore et un composé formé par un corps de la famille de l'oxygène des analogies chimiques admises par tous les chimistes entre lesquels cette ambiguïté crée un débat; car alors, pour donner à ces deux composés des formules semblables, nous serons obligés d'établir une relation entre le nombre proportionnel du chlore et celui de l'oxygène; si le premier de ces nombres est donné, le second le sera.

Et qu'on remarque bien que, pour écarter ainsi l'indétermination qui nous occupe, il n'est pas nécessaire de trouver analogues un grand nombre de composés fournis par des corps de la famille de l'oxygène et un grand nombre de composés formés par des corps de la famille du chlore. Une seule analogie, pourvu qu'elle soit marquée par des caractères dont personne ne conteste la valeur, suffira à résoudre la question.

Une semblable analogie se présentera ici. Tous les chimistes, aussi bien ceux qui attribuent à l'eau la formule HO que ceux qui lui attribuent la formule H^2O, regardent l'isomorphisme de deux substances cristallisées comme une bonne marque d'analogie entre ces deux substances. Or, à côté des fluotungstates et des fluoniobates, qui sont isomorphes entre eux, existent des fluoxytungstates et des fluoxyniobates, qui sont isomorphes entre eux, et isomorphes aussi avec les précédents, comme l'a montré M. Marignac. Ces divers sels présentent entre

eux les plus étroites analogies. Voilà qui suffit à nous tirer du doute : tout le monde admet que le fluor a pour nombre proportionnel 19; quel nombre proportionnel faut-il attribuer à l'oxygène pour qu'un fluoniobate et un fluoxyniobate correspondants soient représentés par une formule semblable ? L'analyse nous prouve que le nombre proportionnel qu'il faut attribuer à l'oxygène, c'est le nombre 16. Toute ambiguïté cesse donc ; le soufre, le sélénium, le tellure, ont pour nombres proportionnels 32, 80, 128; l'eau, l'acide sufhydrique, l'acide sélénhydrique, l'acide tellurhydrique sont représentés par les symboles H^2O, H^2S, H^2Se, H^2Te.

Lorsqu'on parcourt avec quelque attention le champ de la chimie, on reconnaît bientôt que, parmi les corps simples, il en est que de très nombreuses analogies entre leurs composés rapprochent d'une manière étroite dans une même famille; qu'il en est d'autres, au contraire, entre lesquels les affinités sont plus lâches ; mais qu'aucun corps, qu'aucun groupe de corps, ne demeure absolument isolé des autres corps. Entre les groupes de corps simples les plus éloignés en apparence, la loi de l'isomorphisme, d'autres propriétés physiques ou chimiques, établissent des liens inattendus.

Nous avons déjà eu occasion de citer un de ces rapprochements entre des composés fournis par deux corps dont le rôle chimique est, en général, bien différent ; le chlore et le manganèse, si profondément dissemblables par l'ensemble de leurs propriétés chimiques, fournissent des sels tout à fait analogues : les perchlorates et les permanganates. Le chrome, métal bien éloigné du soufre, fournit de même des chromates tout à fait analogues aux sulfates. Le chlore et l'azote paraissent les plus dissemblables des métalloïdes ; cependant les chlorates se rapprochent des nitrates par plus d'un caractère, et les beaux travaux de M. Mallard ont mis hors de doute l'isomorphisme de ces

sels. Nous venons de voir que les oxyfluorures étaient parfois analogues aux fluorures. De même, bien que les composés oxygénés ou hydrogénés de l'arsenic et de l'antimoine ne présentent aucune analogie avec les composés correspondants du soufre, la nature nous offre un sulfoarséniure de cobalt (la cobaltine), un sulfoarséniure de nickel (la gersdorffite), un sulfoantimoniure de nickel (l'ulmannite), qui ressemblent à s'y méprendre au sulfure de fer (pyrite) et au sulfure de manganèse (haüérite). Enfin le curieux isomorphisme de la calcite avec le nitrate de soude anhydre établit une analogie bien surprenante entre un composé formé par l'azote et un composé formé par le carbone. L'étude de ces analogies permet alors de fixer le nombre proportionnel qui convient à chacun des corps simples quand on a fixé le nombre proportionnel qui convient à l'un d'entre eux, quand, par exemple, on a pris 1 pour nombre proportionnel de l'hydrogène.

D'après la définition que nous avons donnée du mot *poids équivalents,* les nombres proportionnels ainsi déterminés représentent les *poids équivalents entre eux* des divers corps simples.

A ce système de poids équivalents, on a donné, pour des raisons que nous rencontrerons plus loin, le nom de *poids atomiques* des corps simples. On a, au contraire, donné le nom de poids équivalents à un système de nombres proportionnels longtemps en vigueur, mais qui n'est pas toujours d'accord avec les analogies chimiques généralement admises. Ainsi, dans ce système, bien qu'on attribue au chlore le nombre proportionnel 35,5, on attribue à l'oxygène le nombre proportionnel 8 ; cependant les chimistes qui tiennent pour ce système admettent que l'isomorphisme caractérise l'analogie chimique, et nous avons vu que l'analogie chimique ainsi définie exigeait que l'on prît pour nombre proportionnel de l'oxygène le nombre 16. De même, dans ce système, l'acide chlorique

a la formule ClO^7 et l'acide manganique la formule Mn^2O^7. On voit donc que les nombres proportionnels qui constituent le système dit des équivalents ne peuvent être regardés comme étant tous équivalents entre eux, même lorsqu'on n'invoque que les marques d'analogie reconnues par tous les chimistes.

A une certaine époque, la lutte fut très vive entre les partisans de ces deux systèmes de nombres proportionnels, entre les *atomistes* et les *équivalentistes;* à la tête des deux partis se trouvaient, en France, deux chimistes de génie, Adolphe Würtz et Henri Sainte-Claire Deville. On voit que, si les partisans des équivalents avaient été pleinement conséquents avec les principes qu'ils admettaient, avec les marques d'analogie chimique qu'ils reconnaissaient, ils eussent adopté le système des poids atomiques. Dans cette lutte, les vrais équivalentistes étaient les atomistes.

Aujourd'hui, cette lutte est terminée; le système des poids atomiques est partout en usage; ou, du moins, si le système des équivalents est encore parfois employé, les raisons qui le maintiennent en faveur auprès de quelques-uns n'ont rien de scientifique. Maintenant que ce système a triomphé du système dit des poids équivalents, il serait juste de le débarrasser d'une dénomination qui semble impliquer une hypothèse au moins inutile; de restituer aux poids atomiques le nom de *poids équivalents* qui en marque mieux le véritable sens. C'est ce que nous ferons dans cet article.

II

DE LA SUBSTITUTION CHIMIQUE.

Nous venons de voir comment, à une notion confuse et peu définissable, celle d'*analogie chimique*, les chimistes avaient fait correspondre une représentation d'une netteté

mathématique, la *formule chimique*, ou, pour parler d'une manière plus précise, la *formule chimique brute*.

Nous allons maintenant assister au développement d'une notion nouvelle, celle de *substitution chimique;* d'abord intimement liée à la définition de l'analogie chimique, elle s'en est graduellement séparée jusqu'à en devenir absolument indépendante ; comme l'analogie chimique, elle est une de ces notions confuses, non définissables, qui s'aperçoivent mais ne se démontrent pas ; comme l'analogie chimique, elle sera représentée par un symbole d'une netteté mathématique, par un certain arrangement de signes qui constituera la *formule chimique développée* ou *formule de constitution*.

Lorsque, dans une dissolution de sulfate de cuivre, on plonge une lame de zinc, le cuivre est précipité et le sulfate de cuivre que renfermait la dissolution est remplacé par du sulfate de zinc ; cette substitution d'un métal à un autre dans une dissolution saline est le plus anciennement connu des phénomènes de substitution. Pour les chimistes du siècle dernier ou du commencement de ce siècle, ces phénomènes de substitution étaient des marques de l'analogie chimique. Le zinc était un corps analogue au cuivre ; il se substituait à celui-ci dans le sulfate de cuivre pour donner un corps analogue à ce dernier sel.

La substitution d'un corps à un autre dans un composé étant regardée comme une marque d'analogie chimique, tant entre les corps qui se substituaient l'un à l'autre qu'entre les composés entre lesquels s'effectuait cette substitution, les poids de deux corps susceptibles de se substituer l'un à l'autre devaient être entre eux comme les poids équivalents de ces deux corps ; deux composés dérivant l'un de l'autre par substitution devaient être représentés par des formules semblables. Ainsi, dans l'exemple que nous venons de citer, $32^{gr},50$ de zinc se substituent à $31^{gr},75$ de cuivre ; les poids atomiques du zinc et du cuivre doivent donc être entre eux comme 32,50 et

31,75; le sulfate de cuivre et le sulfate de zinc doivent être représentés par des formules analogues.

Les progrès de la chimie ont modifié cette manière de voir ; le fait que deux composés dérivent l'un de l'autre par substitution n'est plus regardé comme une marque d'analogie chimique entre ces composés ; les poids de deux corps qui se substituent l'un à l'autre ne sont pas toujours proportionnels aux poids équivalents adoptés aujourd'hui, c'est-à-dire aux poids atomiques.

Ainsi, une lame de cuivre, plongée dans une solution de nitrate d'argent, précipite l'argent et donne du nitrate de cuivre ; $31^{gr},75$ de cuivre se substituent à 108^{gr} d'argent. Pendant longtemps on a admis que les poids équivalents du cuivre et de l'argent étaient dans le même rapport que les nombres 31,75 et 108; on regardait le nitrate d'argent comme analogue au nitrate de cuivre ; on donnait à ces deux sels des formules semblables, $AgAzO^6$, $CuAzO^6$.

Aujourd'hui, on ne regarde plus l'azotate d'argent comme analogue à l'azotate cuivrique obtenu dans l'expérience précédente ; les sels d'argent sont regardés comme analogues aux sels cuivreux dont chacun renferme une dose de cuivre double du sel cuivrique correspondant; l'azotate d'argent et l'azotate cuivrique ne sont plus représentés par des formules semblables ; on donne à l'un la formule $AgAzO^3$, à l'autre la formule $CuAz^2O^6$. Les poids équivalents (poids atomiques) aujourd'hui adoptés pour le cuivre et l'argent sont non pas dans le rapport des nombres 31,75 et 108, mais dans le rapport des nombres 63,50 et 108.

Cette séparation entre la notion de substitution et la notion d'analogie chimique s'est effectuée par de lents progrès. Esquissons brièvement l'histoire de ces progrès (1).

(1) Le lecteur curieux de connaître plus en détail cette histoire lira avec intérêt l'admirable *Préface* écrite par Würtz en tête du *Dictionnaire de Chimie;* c'est une des plus belles pièces qui existent sur l'histoire des sciences. Voir aussi, du même auteur, *Introduction à l'étude de la Chimie*. Paris, Masson, 1885.

Le premier pas vers la séparation entre l'idée de la substitution chimique et l'idée de l'analogie chimique a consisté à démontrer que deux éléments auxquels les chimistes attribuaient un rôle absolument différent, qu'ils plaçaient aux deux extrémités opposées de la classification chimique, le chlore et l'hydrogène, étaient susceptibles de se substituer l'un à l'autre. Cette découverte, l'une des plus étonnantes et des plus fécondes qui en aient été faites en chimie, est due à Dumas.

En faisant passer un courant de chlore dans l'alcool, Liebig avait obtenu un liquide fumant à l'air, auquel il donna le nom de *chloral,* nom qui, sans rien préjuger de la constitution de ce composé, rappelait les circonstances de sa formation. En 1834, Dumas reprit l'étude de cette réaction ; il détermina exactement la formule du chloral, et le résultat de cette détermination fut le suivant : le chloral diffère de l'alcool par cinq équivalents (1) d'hydrogène en moins et par trois équivalents de chlore en plus.

Il fallait le génie de Dumas pour saisir dans ce seul résultat la notion du phénomène de substitution, alors que ce phénomène y est masqué, dissimulé par un phénomène accessoire. Du fait qu'il avait étudié, Dumas tira, par une induction hardie, la loi suivante :

Quand un corps peut être regardé comme un hydrate, — et c'est précisément le cas de l'alcool, — le chlore commence par lui enlever deux équivalents d'hydrogène sans se combiner au composé résultant de cette réaction. Si l'on continue alors à faire agir le chlore sur le corps déshydrogéné ainsi obtenu, le chlore déplace l'hydrogène pour *se substituer* à lui, équivalent par équivalent, absolument comme le zinc se substitue au cuivre dans le sulfate de cuivre. Si, au lieu de prendre un corps hydraté, on eût pris un corps anhydre, le phénomène de substitution se serait produit de suite.

(1) Nous rappelons que nous substituons constamment, comme nous avons proposé de le faire, le mot *poids équivalent* au mot *atome* ou *poids atomique* généralement employé aujourd'hui.

Il nous est difficile aujourd'hui de nous faire une idée exacte de l'audace nécessaire à Dumas pour lancer une pareille affirmation. A ce moment, la théorie électrochimique de Berzélius régnait sans conteste ; la combinaison chimique était une manifestation de l'attraction que l'électricité positive exerce pour l'électricité négative ; parmi les corps simples, les uns sont électrisés positivement : ce sont les métaux ; les autres sont électrisés négativement : ce sont les métalloïdes. Là où, dans une combinaison, l'électricité positive d'un métal est attirée par une force qui maintient le métal dans cette combinaison, un autre métal, chargé aussi d'électricité positive, pourra être attiré plus fortement ; il pourra déplacer le premier métal, il pourra se substituer à lui. Mais là où une attraction maintient l'électricité positive de l'hydrogène, l'électricité négative du chlore ne peut être que repoussée ; il est donc impossible que le chlore vienne, dans une combinaison, occuper la place de l'hydrogène ; la substitution de ces deux éléments l'un à l'autre est une absurdité.

Dans la lutte contre la théorie régnante, à la suite de Dumas, s'était engagé un chimiste prompt à mener jusqu'au bout les conséquences logiques d'une idée : c'était Laurent. Poussant plus loin encore que Dumas la négation des idées électrochimiques, il affirme que non seulement le chlore peut se substituer équivalent par équivalent à l'hydrogène, mais que, de plus, les deux composés qui se changent l'un en l'autre par une semblable substitution sont analogues entre eux. Il fondait cette affirmation sur la comparaison des dérivés chlorés de la naphtaline avec le carbure d'hydrogène qui leur a donné naissance.

A l'appui de l'idée de Laurent, Dumas apporta, en 1839, un argument sans réplique : la découverte de l'acide trichloracétique.

Dans un flacon rempli de chlore sec, introduisons une petite quantité d'acide acétique cristallisable et exposons

le tout à la lumière solaire. Au bout d'un certain temps, les parois du ballon sont recouvertes de cristaux. Ces cristaux, analysés, ont une composition qui diffère de celle de l'acide acétique par trois équivalents d'hydrogène en moins et trois équivalents de chlore en plus. Comme l'acide acétique, le corps qui forme ces cristaux est un acide monobasique. Il neutralise les bases en formant des sels dont la composition et les propriétés sont entièrement semblables à la composition et aux propriétés des acétates correspondants. En un mot, il est impossible de trouver deux corps plus semblables que l'acide acétique et l'acide trichloracétique, qui dérivent l'un de l'autre par substitution de trois équivalents de chlore à trois équivalents d'hydrogène, malgré la différence radicale des propriétés électrochimiques des éléments qui se substituent l'un à l'autre.

En 1844, Melsens donna son achèvement à la belle découverte de Dumas. Il montra que, de même que le chlore pouvait se substituer à l'hydrogène de l'acide acétique pour former de l'acide trichloracétique, de même l'hydrogène dégagé au contact de l'amalgame de sodium pouvait, par une substitution inverse, se substituer au chlore de l'acide trichloracétique pour reproduire l'acide acétique.

Il était donc démontré que deux éléments extrêmement différents par l'ensemble de leurs propriétés chimiques pouvaient se substituer l'un à l'autre dans une combinaison sans altérer notablement les propriétés de cette combinaison, de même que deux métaux peuvent se substituer l'un à l'autre sans changer profondément les propriétés du sel au sein duquel s'effectue cette substitution.

L'idée de substitution, d'abord intimement liée à l'idée qu'il existe une analogie chimique, d'une part, entre les corps simples qui se substituent l'un à l'autre et, d'autre part, entre les corps composés qui dérivent l'un de l'autre

par cette substitution, avait fait un premier progrès : l'analogie des corps simples qui se remplacent n'était plus exigée par les chimistes pour qu'ils consentissent à regarder ce remplacement comme une substitution. Il restait à faire un nouveau progrès, à rendre l'idée de substitution indépendante de l'analogie entre les deux composés qui dérivent l'un de l'autre par substitution. Ce progrès est dû à Regnault. Par ses études sur les dérivés chlorés de l'éther chlorhydrique et de la liqueur des Hollandais, il étendit la notion de substitution au point de regarder comme dérivés l'un de l'autre par substitution des corps dont les propriétés chimiques étaient profondément différentes.

La notion de *substitution chimique* était ainsi constituée comme une notion nouvelle, indépendante de la notion d'*analogie chimique* qui, jusque-là, avait seule servi à construire les formules chimiques.

Ces deux notions sont distinctes, mais elles ont un caractère commun : on ne peut pas plus définir la substitution chimique qu'on ne peut définir l'analogie chimique. Aussi lorsque deux chimistes sont en litige au sujet d'une même réaction que l'un regarde comme une substitution tandis que l'autre refuse de la reconnaître comme telle, il n'est pas possible, par une suite de syllogismes, d'acculer l'un ou l'autre à une absurdité.

Lorsque, par exemple, Dumas présente l'acide trichloracétique comme dérivé de l'acide acétique par substitution du chlore à l'hydrogène, Berzélius refuse d'admettre cette idée ; il regarde l'acide trichloracétique comme un composé d'une nature tout autre que l'acide acétique. Assurément, on peut trouver sa résistance peu sage ; on peut objecter au chimiste suédois l'étrangeté et la stérilité de sa théorie, le caractère naturel, la fécondité des vues de Dumas ; mais peut-on le déclarer absurde, comme on déclare absurde un géomètre qui professe un théorème faux ? Non ; ce serait dépasser les droits de la logique ;

son obstination peut être puérile, déraisonnable, elle ne constitue pas une absurdité.

Nous avons vu que la première action du chlore sur l'alcool consistait, d'après Dumas, à lui enlever deux équivalents d'hydrogène. Il se forme alors un composé découvert par Liebig qui l'a nommé *alcool deshydrogenatum*, ou, par abréviation, *aldéhyde*. Liebig, Dumas, ne regardent assurément pas l'aldéhyde comme dérivant par substitution de l'alcool ; quel corps s'est en effet substitué à l'hydrogène enlevé ? Aucun. Or, aujourd'hui, les chimistes regardent l'aldéhyde comme dérivant de l'alcool par substitution d'un équivalent d'oxygène aux deux corps H et OH. A l'appui de la constitution qu'ils attribuent à l'aldéhyde, ils peuvent faire valoir beaucoup de raisons plausibles ; mais aucune ne conclut à l'*absurdité* de la manière de voir de Liebig.

III

DU TYPE CHIMIQUE.

Deux composés, dérivant l'un de l'autre par substitution d'un élément à un autre, ne sont pas forcément doués de la même fonction chimique ; ils ne sont pas forcément analogues ; pour désigner le caractère, distinct de l'analogie, qui les rapproche, Dumas proposa le mot *type chimique ;* tous les composés qui dérivent les uns des autres, immédiatement ou médiatement, par voie de substitution d'un élément à un autre, appartiennent au même type chimique.

Mais devait-on borner la notion de type aux composés qui dérivent les uns des autres par la substitution d'un corps simple à un autre corps simple, par exemple, par la substitution du chlore à l'hydrogène ? Évidemment non ; des faits chimiques, déjà classiques à l'époque où Dumas

créait la notion de type chimique, montraient qu'une pareille restriction de cette notion n'était pas possible.

Gay-Lussac avait étudié les combinaisons du cyanogène. Ce gaz composé, formé de carbone et d'azote unis en proportions équivalentes, agit dans une foule de circonstances comme un corps simple, le chlore; il fournit avec les métaux des combinaisons qui ont souvent avec les chlorures d'étroites analogies. Les formules de ces corps deviennent semblables si l'on représente par un symbole unique, Cy, l'ensemble CAz qui constitue le cyanogène. Par exemple, le chlorure de potassium est représenté par la formule KCl, le cyanure de potassium par la formule KCy.

Les sels ammoniacaux sont tout à fait analogues, par leurs propriétés chimiques, aux sels formés par le potassium et le sodium ; ils en sont souvent isomorphes. Leurs formules deviennent semblables si l'on y remplace par un seul symbole, Am, le groupe AzH^4, sur lequel Ampère a attiré l'attention des chimistes et que Berzelius a nommé l'ammonium. On peut dire que ce groupe composé, l'ammonium, fonctionne absolument comme un élément, comme un métal alcalin.

Le remplacement du chlore par le cyanogène, le remplacement du potassium ou du sodium par l'ammonium conservent l'analogie chimique entre les composés que ce remplacement transforme l'un en l'autre ; n'est-il pas naturel d'admettre qu'un pareil remplacement conserve également le type chimique, qu'il constitue une substitution, mais une substitution d'un groupement composé à un corps simple, du groupement CAz à l'élément Cl, du groupement AzH^4 à l'élément K ou à l'élément Na ?

Dumas élargit donc la notion de type chimique en admettant que le type se conserve non seulement par la substitution d'un élément à un autre élément, mais encore par la substitution d'un groupe d'éléments à un élément, ou de deux groupes d'éléments l'un à l'autre. Cette extension,

Dumas en démontre la légitimité en faisant voir que, par l'action de l'acide nitrique sur un grand nombre de substances organiques, le groupe composé AzO^2 se substitue à un équivalent d'hydrogène exactement comme le ferait le chlore.

Cette généralisation de la notion de type devait bientôt recevoir une confirmation éclatante par la découverte des ammoniaques composées. Cette découverte fut faite en 1849 par Ad. Würtz.

En traitant l'acide cyanique par la potasse, on obtient de l'ammoniaque ; en traitant de même l'éther cyanique par la potasse, Würtz obtint un liquide volatil, doué d'une odeur piquante analogue à celle de l'ammoniaque, bleuissant la teinture de tournesol, se combinant directement aux hydracides pour former des sels analogues aux sels ammoniacaux, se combinant aux oxacides avec élimination d'eau, pour former encore des combinaisons analogues aux sels ammoniacaux correspondants. Würtz regarda cette base comme de l'ammoniaque AzH^3 dans laquelle un équivalent d'hydrogène a été déplacé et remplacé par un groupement complexe formé d'hydrogène et de carbone, le groupement C^2H^5, auquel les chimistes ont donné le nom d'*éthyle;* il donna à cette base le nom d'*éthylamine.*

Le groupe éthyle n'est pas le seul groupe formé de carbone et d'hydrogène qui puisse, dans l'ammoniaque, se substituer à un équivalent d'hydrogène ; par un procédé analogue à celui qui lui avait servi à préparer l'éthylamine, Würtz a obtenu une foule d'autres bases analogues : la *méthylamine,* qui est de l'ammoniaque où le groupement CH^3, que l'on nomme le *méthyle,* a remplacé un équivalent d'hydrogène : la *propylamine,* où le groupement *propyle* C^3H^7 s'est substitué à l'hydrogène, etc... Toutes ces bases appartenaient au même type, le *type ammoniaque,* dont l'importance était ainsi mise en évidence ; du premier coup, Würtz donna à ce type une grande

extension en rattachant au groupe des ammoniaques substituées la plupart des alcaloïdes volatils que fournit la chimie organique.

Les travaux de M. Hofmann, succédant de près à ceux de Würtz, contribuèrent puissamment à préciser la notion du type ammoniaque et à corroborer la théorie des types chimiques.

Si sur l'ammoniaque AzH^3 nous faisons agir l'acide iodhydrique, nous obtenons une combinaison qui est l'iodure d'ammonium AzH^4I. L'action d'une base sur ce corps redonne l'ammoniaque.

Si au contraire, comme M. Hofmann le fit en 1850, nous traitons l'ammoniaque par l'éther iodhydrique, qui a pour formule C^2H^5I, nous obtenons un sel qui est à l'éthylamine de Würtz ce que l'iodure d'ammonium est à l'ammoniaque; c'est de l'iodure d'ammonium où le groupement éthyle C^2H^5 s'est substitué à l'hydrogène; ce corps a donc pour formule $Az\,(C^2H^5)\,H^3I$; c'est l'*iodure d'éthylammonium*. En traitant ce corps par une base, on obtient l'éthylamine de Würtz.

Mais, dans cette action de l'éther iodhydrique sur l'ammoniaque, nous n'obtenons pas seulement l'iodure d'éthylammonium ; nous obtenons aussi un sel qui dérive de l'iodure d'ammonium par substitution de *deux* groupes C^2H^5 à *deux* équivalents d'hydrogène: c'est l'iodure de *diéthylammonium*, qui a pour formule $Az(C^2H^5)^2H^2I$; traité par une base, cet iodure donne un corps analogue à l'éthylamine, mais qui dérive de l'ammoniaque par substitution de *deux* groupes C^2H^5 à *deux* équivalents d'hydrogène ; cette *diéthylamine* a pour formule $Az(C^2H^5)^2H$.

Les mêmes réactions donnent encore un *iodure de triéthylammonium*, $Az\,(C^2H^5)^3HI$, et une *tryéthylamine*, $Az(C^2H^5)^3$, qui dérivent de l'iodure d'ammonium et de l'ammoniaque par substitution de *trois* groupes éthyles à *trois* équivalents d'hydrogène.

Non seulement ces recherches enrichissent le type

ammoniaque par la découverte des amines deux fois et trois fois subtituées, mais encore elles mettent en évidence toute une série de combinaisons appartenant à un autre type, le *type iodhydrate d'ammoniaque*, ou *iodure d'ammonium*, AzH^4I. Nous avons vu comment l'action de l'éther iodhydrique sur l'ammoniaque fournissait des corps dérivant de celui-là par substitution de un, deux, ou trois groupements éthyles à un, deux, ou trois équivalents d'hydrogène. Il y a plus : cette même action nous fournit un corps dans lequel les *quatre* équivalents d'hydrogène de l'iodure d'ammonium ont été remplacés par *quatre* groupes éthyles ; c'est *l'iodure de tétréthylammonium* $Az(C^2H^5)^4I$.

Gehrhardt devait donner une nouvelle extension au type ammoniaque en y rattachant les corps qui forment la classe des *amides*. Les amides avaient été étudiées par Dumas qui les avait envisagées comme des sels ammoniacaux déshydratés. Si, par exemple, à l'acétate d'ammoniaque vous enlevez les éléments de l'eau H^2O, vous obtenez l'acétamide. Voici comment Gehrhardt rapprocha ces corps des amines découvertes par Würtz :

Qu'est-ce que le groupe éthyle, que nous avons vu se substituer à un équivalent d'hydrogène dans l'ammoniaque pour former l'éthylamine ? C'est ce qui reste lorsqu'on enlève à l'alcool un équivalent d'oxygène et un équivalent d'hydrogène ; car l'alcool a pour formule C^2H^6O ; c'est donc de l'éthyle C^2H^5 plus de *l'oxhydryle* OH. Prenons de même de l'acide acétique, qui a pour formule $C^2H^4O^2$, et enlevons-lui le groupe oxhydryle OH ; il reste un groupement qui a pour formule C^2H^3O, groupement que Gehrhardt nomme *l'acétyle ;* or, pour Gehrhardt, l'acétamide, c'est le composé qui dérive de l'ammoniaque par substitution du groupe acétyle à un équivalent d'hydrogène.

Plus généralement, si à un équivalent d'hydrogène de l'ammoniaque nous substituons le groupe qui, uni à OH, forme un alcool, nous avons une amine ; si nous substituons le groupe qui, uni à OH, forme un acide, nous avons une amide.

Cette idée de Gehrhardt trouva plus tard une puissante confirmation dans la découverte des *alcalamides*. Que, dans l'ammoniaque, on remplace un équivalent d'hydrogène par un reste d'alcool, par exemple par le groupe éthyle, et un autre équivalent d'ydrogène par un reste d'acide, par exemple par le groupe acétyle, et on obtiendra un corps dont les propriétés seront intermédiaires entre celles de l'éthylamine et celles de l'acétamide, ou, plutôt, participeront des unes et des autres. C'est une alcalamide.

En rattachant les amides au type ammoniaque, Gehrhardt mettait bien en lumière ce principe fondamental sur lequel nous avons insisté : que divers composés, pour appartenir au même type, n'ont pas besoin d'être analogues ; en effet, tandis que les amines sont des bases offrant avec l'ammoniaque d'étroites analogies, les amides au contraire ne partagent nullement les propriétés alcalines de l'ammoniaque.

Au moment où les travaux de Würtz et de M. Hofmann créaient une foule de composés dont les uns appartenaient au type ammoniaque, les autres au type iodure d'ammonium, les travaux non moins célèbres de M. Williamson sur la formation de l'éther par l'action de l'acide sulfurique sur l'alcool, venaient marquer l'importance d'un autre type, le *type eau*.

M. Williamson montra en 1851 que les propriétés de l'alcool et de l'éther s'interprétaient très aisément en regardant l'alcool comme de l'eau H^2O dans laquelle un équivalent d'hydrogène a été remplacé par le groupe éthyle ; l'éther, comme de l'eau dans laquelle les deux équivalents d'hydrogène ont été remplacés par deux groupes éthyles ; en sorte que l'alcool doit être représenté par la formule $(C^2 H^5) HO$ et l'éther par la formule $(C^2 H^5)^2O$.

A l'appui de cette manière de voir on peut apporter de nombreuses preuves. On ne pourrait, ce me semble, en citer de plus frappante que celle qui consiste à traiter

l'alcool sodé par l'iodure d'un radical alcoolique, par exemple par l'iodure de méthyle. On obtient ainsi un corps, analogue à l'éther, que l'on nomme un éther mixte ; c'est de l'eau dans laquelle un équivalent d'hydrogène a été remplacé par le groupe éthyle C^3H^5, et l'autre équivalent d'hydrogène par le groupe méthyle CH^3 ; la formule de ce corps est donc $(C^2H^5)(CH^3)O$.

M. Williamson ne se contenta pas de créer le type eau en y rattachant l'alcool, l'éther, les éthers mixtes; il y fit rentrer une grande partie des acides, des bases, des sels de la chimie minérale. L'acide azotique est de l'eau dans laquelle un équivalent d'hydrogène a été remplacé par le groupe AzO^2; la potasse est de l'eau dans laquelle un équivalent d'hydrogène est remplacé par un équivalent de potassium; l'oxyde d'argent est de l'eau où deux équivalents d'argent se sont substitués à deux équivalents d'hydrogène ; le nitrate d'argent est de l'eau dans laquelle un équivalent d'hydrogène a été remplacé par un équivalent d'argent, tandis que l'autre équivalent d'hydrogène a été remplacé par le groupe AzO^2. On revenait ainsi aux idées que Davy et Dulong avaient émises sur la constitution des sels, idées que Liebig et Wöhler avaient nettement formulées en étudiant les combinaisons de l'acide benzoïque.

Le type eau devait bientôt être enrichi par Gehrhardt d'une nouvelle catégorie de corps dont M. Williamson avait conçu la possibilité. Qu'est-ce que l'alcool, pour M. Williamson ? de l'eau dans laquelle un équivalent d'hydrogène a été remplacé par un groupe éthyle; qu'est-ce que l'éther? de l'eau dans laquelle deux équivalents d'hydrogène ont été remplacés par deux groupes éthyles; qu'est-ce que l'acide acétique? de l'eau dans laquelle un équivalent d'hydrogène a été remplacé par un groupe acétyle C^2H^3O. Dès lors, ne peut-on concevoir un corps qui serait à l'acide acétique ce que l'éther est à l'alcool? qui serait de l'eau dont les deux équivalents d'hydrogène

seraient remplacés par deux groupes acétyles, et qui aurait pour formule $(C^2H^3O)^2O$? La réalisation de ce corps allait être provoquée par une découverte imprévue.

En 1850, tous les chimistes croyaient, avec Gehrhardt, que les acides monobasiques ne pouvaient exister à l'état anhydre ; tous les anhydrides connus se rattachaient à des acides polybasiques. Or, en faisant réagir le chlore sec sur le nitrate d'argent également sec, H. Sainte-Claire Deville produisit l'acide azotique anhydre.

En présence de ce fait, Gehrhardt n'hésita pas à abandonner ses anciennes idées ; il chercha à interpréter la découverte de Sainte-Claire Deville ; pour lui, l'anhydride azotique est à l'acide azotique ce que l'éther est à l'alcool : c'est de l'eau dont les deux équivalents d'hydrogène ont été remplacés par deux groupes AzO^2. Sur cette interprétation Gehrhardt fonde, en 1851, une méthode générale propre à former les anhydrides des acides monobasiques. Veut-on, par exemple, obtenir l'acide acétique anhydre ? On fera réagir le chlorure d'acétyle sur l'acétate d'argent ; on aura ainsi le corps dont l'existence avait été prévue par M. Williamson.

Gehrhardt ne s'est pas contenté d'avoir élargi le type eau en y faisant rentrer la classe des anhydrides monobasiques ; il a défini de nouveaux types ; tel est le type *acide chlorhydrique*.

L'eau renferme deux équivalents d'hydrogène ; il peut arriver qu'un seul de ces équivalents soit remplacé par un élément, comme dans la potasse ; ou par un groupe d'éléments, comme dans l'acide nitrique, l'alcool, l'acide acétique. Il peut arriver aussi que ces deux équivalents d'hydrogène soient en même temps remplacés soit par deux éléments, comme dans l'oxyde d'argent ; soit par un élément et un groupe d'éléments, comme dans le nitrate d'argent, l'acétate de potasse, l'alcool sodé ; soit par deux groupes différents, comme dans l'éther acétique, dans les

éthers mixtes; soit enfin par deux groupes identiques, comme dans l'éther, l'anhydride azotique, l'anhydride acétique.

Rien de semblable dans l'acide chlorhydrique. Il renferme un seul équivalent d'hydrogène qui, dans les phénomènes de substitution, est toujours remplacé en une seule fois par un autre élément ou par un groupe d'éléments. Cet équivalent d'hydrogène est-il remplacé par un équivalent de sodium? nous avons le chlorure de sodium; par le groupe AzH^4? nous avons le chlorhydrate d'ammoniaque; par le groupe C^2H^5? nous avons l'éther chlorhydrique; par le groupe C^2H^3O? nous avons le chlorure d'acétyle.

L'acide chlorhydrique, l'eau, l'ammoniaque, l'iodure d'ammonium, tels sont, d'après Gehrhardt, les principaux types sous lesquels viennent se ranger toutes les combinaisons chimiques. La nomenclature est cependant loin d'être complète. Il est notamment un type que Gehrhardt ne mentionne pas et qui a pris cependant une importance capitale depuis que M. Kékulé nous a appris à regarder presque toutes les combinaisons organiques comme dérivées de ce type: c'est le *type méthane*, constitué par l'hydrogène protocarboné, dont la formule est CH^4.

La chimie minérale nous fournirait encore d'autres types; mais nous les laisserons de côté, pensant que ce qui précède suffit à donner une idée nette de la notion de type chimique et de la manière dont elle s'est développée; nous avons hâte d'arriver à une notion nouvelle et riche en conséquences. Nous voulons parler de la notion des *types condensés*.

IV

DES TYPES CONDENSÉS.

Les acides monobasiques avaient été, par M. Williamson, rapportés au type eau; ils représentaient de l'eau dans laquelle un équivalent d'hydrogène avait été rem-

placé par un certain groupe d'éléments; ainsi l'acide azotique était de l'eau où un équivalent d'hydrogène avait été remplacé par le groupe AzO^2; l'acide acétique était de l'eau où un équivalent d'hydrogène avait été remplacé par le groupe C^2H^3O. Des deux équivalents d'hydrogène que renferme l'eau, une semblable substitution en laisse subsister un. Ce dernier peut à son tour être remplacé par un métal, tel que le potassium, le sodium, l'argent; ainsi se forment les sels.

S'il en est ainsi, un acide ne renferme qu'un seul équivalent d'hydrogène auquel un métal puisse se substituer pour former un sel; en sorte qu'un acide donné et un métal donné ne peuvent former qu'un seul sel. Or il n'en est pas toujours ainsi : prenons l'acide sulfurique et faisons-le agir sur la potasse; selon les circonstances, il fournira deux sels différents : l'un de ces sels renferme un équivalent d'hydrogène et un équivalent de potassium; l'autre renferme deux équivalents de potassium et ne renferme pas d'hydrogène. C'est ce qui fait dire que l'acide sulfurique est un *acide bibasique*.

De même, l'acide phosphorique ordinaire peut donner avec la potasse trois sels différents : l'un de ces sels renferme un équivalent de potassium et deux d'hydrogène; un autre renferme deux équivalents de potassium et un d'hydrogène; enfin un troisième renferme trois équivalents de potassium et point d'hydrogène. L'acide phosphorique ordinaire est un *acide tribasique*.

Mais comment rattacher au type eau des acides tels que l'acide sulfurique ou l'acide phosphorique? comment concevoir qu'après une première substitution qui a enlevé à l'eau un équivalent d'hydrogène, il reste encore dans le composé deux, trois équivalents d'hydrogène remplaçables par un métal? Il semble que ce soit chose bien difficile, sinon impossible; M. Williamson a résolu la difficulté.

Comment avons-nous conçu la formation d'un acide monobasique, de l'acide azotique par exemple? Nous avons

supposé que l'eau H^2O perdait un équivalent d'hydrogène et que cet équivalent était remplacé par le groupe AzO^2. Prenons maintenant non plus une fois, mais deux fois la formule de l'eau H^2O. A chacune de ces deux formules, enlevons un équivalent d'hydrogène, ce qui nous donnera deux groupes oxhydryles OH, et aux *deux* équivalents d'hydrogène enlevés, substituons *une seule fois* le groupe SO^2. Nous avons un composé $(SO^2)(OH)^2$ dont la composition sera celle de l'acide sulfurique ; dans ce composé, seront deux équivalents d'hydrogène provenant de l'eau d'où nous l'avons fait dériver, deux équivalents d'hydrogène tout à fait analogues à l'équivalent unique que renferme l'acide azotique ; l'existence de ces deux équivalents d'hydrogène met en évidence la double basicité de l'acide sulfurique.

De même, l'acide phosphorique s'obtiendra en prenant trois fois la formule de l'eau H^2O ; en enlevant à chacun de ces groupes H^2O un équivalent d'hydrogène et en substituant à ces *trois* équivalents d'hydrogène *un seul* groupe PhO ; la formule $PhO(OH)^3$ du composé ainsi obtenu met en évidence la triple basicité de l'acide phosphorique.

Voilà donc les acides polybasiques rattachés au type eau, mais au type eau plusieurs fois condensé, grâce à l'intervention d'un groupe d'éléments susceptible de se substituer seul à plusieurs équivalents d'hydrogène, enlevés à plusieurs groupes H^2O différents. Les acides bibasiques sont ainsi rattachés au type eau deux fois condensé ; deux groupes *oxhydryles* OH y sont rivés ensemble par un groupe unique. Les acides tribasiques sont rattachés au type eau trois fois condensé ; trois groupes oxhydryles OH y sont rivés par un groupe unique.

« M. Williamson a écrit cela en deux lignes (1) ; mais combien cette idée si simplement énoncée a été féconde en

(1) Ad. Würtz, *La Théorie atomique*, p. 145.

développements! » L'idée de M. Williamson, issue elle-même de la notion de basicité, devait bientôt conduire à une des plus grandes découvertes qui aient été faites en chimie : nous voulons parler de la découverte du glycol.

En 1854, M. Berthelot concluait un important travail sur les éthers de la glycérine par les paroles suivantes : « Ces faits nous montrent que la glycérine présente, vis-à-vis de l'alcool, précisément la même relation que l'acide phosphorique vis-à-vis de l'acide azotique. En effet, tandis que l'acide azotique ne produit qu'une série de sels neutres, l'acide phosphorique en produit trois : les phosphates ordinaires, les pyrophosphates, les métaphosphates...

» De même, tandis que l'alcool ne produit qu'une seule série d'éthers neutres, la glycérine donne naissance à trois séries distinctes de combinaisons neutres. »

Les faits constatés par M. Berthelot étaient exacts; l'interprétation qu'il en proposait était erronée : les trois séries d'éthers de la glycérine dérivent d'une seule et même glycérine, et non de trois glycérines différentes comparables aux acides orthophosphorique, pyrophosphorique et métaphosphorique ; ces trois séries d'éthers sont comparables non pas aux orthophosphates, pyrophosphates et métaphosphates, mais aux orthophosphates acides, orthophosphates neutres et orthophosphates basiques. L'acide orthophosphorique, nous l'avons vu, est formé de trois groupes oxhydryles OH rivés ensemble par le groupe PhO. Si l'on remplace un équivalent d'hydrogène par un équivalent de potassium dans un de ces groupes OH, on a l'orthophosphate acide de potassium; dans deux de ces groupes, on a l'orthophosphate neutre de potassium ; dans trois de ces groupes, on a l'orthophosphate basique de potassium. De même, la glycérine appartient au type eau trois fois condensé ; elle est formée de trois oxhydryles OH, rivés ensemble par le groupe C^3H^5 ; dans chacun de ces oxhydryles, l'hydrogène peut être remplacé par un groupe alcoolique, par exemple

par l'éthyle C^2H^5; selon qu'une semblable substitution sera effectuée dans un, deux, ou trois de ces groupes, nous obtiendrons trois éthers différents. Telle est l'interprétation qu'en 1855, Ad. Würtz proposa des faits observés par M. Berthelot.

L'alcool et la glycérine sont comparables à l'acide azotique et à l'acide phosphorique. L'alcool est une seule fois alcool comme l'acide azotique est une seule fois acide; la glycérine est trois fois alcool comme l'acide phosphorique est trois fois acide. Pour confirmer cette manière de voir, il fallait former un corps qui fût à l'alcool ce que l'acide sulfurique est à l'acide azotique; qui fût deux fois alcool comme l'acide sulfurique est deux fois acide. Ce corps, Würtz chercha à le former et y réussit : c'est le glycol, découvert en 1856.

D'après les idées de M. Williamson sur la constitution des acides polybasiques, de Würtz sur la constitution de la glycérine, de quelle manière doit-on chercher à former un corps qui soit deux fois alcool? On doit chercher un groupe composé de carbone et d'hydrogène qui soit capable de se substituer à deux équivalents d'hydrogène et, par là, de river ensemble deux groupes OH. Or il existe un corps formé de carbone et d'hydrogène qui semble présenter les caractères requis; ce corps, c'est le gaz *éthylène*, dont la composition est représentée par la formule C^2H^4. Ce gaz se combine directement avec deux équivalents de chlore pour former un liquide huileux bien connu sous le nom de *liqueur des Hollandais*. On peut regarder la liqueur des Hollandais comme de l'acide chlorhydrique deux fois condensé par substitution du groupe éthylène à deux équivalents d'hydrogène. Le groupe éthylène apparaît donc comme un de ces groupes, analogues au groupe SO^2, qui sont susceptibles de se substituer à deux équivalents d'hydrogène.

Prenons donc l'éthylène pour point de départ; combinons-le avec deux équivalents de brome ou d'iode pour

former la liqueur des Hollandais bromée ou iodée; saponifions celle-ci par l'oxyde d'argent et nous obtenons le corps $C^2H^4(OH)^2$; c'est le corps deux fois alcool, l'intermédiaire entre l'alcool et la glycérine cherché par Würtz; c'est le glycol.

V

DE LA VALENCE.

La découverte d'un corps n'a aucun intérêt au point de vue de la science chimique si elle n'est l'occasion de ruiner une théorie fausse, de confirmer une théorie juste, ou d'introduire une conception nouvelle. L'importance d'un fait nouveau se mesure à l'évolution que la connaissance de ce fait imprime aux idées. D'après cette règle, il est, en chimie, peu de corps dont la découverte ait été aussi importante que celle du glycol. De là est issue la notation moderne; par quelle élaboration, c'est ce que nous allons examiner.

La découverte du glycol a fait éclater aux yeux de tous le caractère que possèdent certains groupes, comme l'éthylène, de se substituer à deux équivalents d'hydrogène empruntés soit à deux HCl différents, soit à deux H^2O différents, et de river ensemble les deux équivalents de chlore restants, ou les deux groupes OH restants. Ce caractère, déjà signalé par M. Williamson comme appartenant au groupe SO^2 et comme expliquant la double basicité de l'acide sulfurique, distingue profondément ces groupes des groupes tels que AzO^2, C^2H^5, C^2H^3O, qui ne peuvent se substituer qu'à un équivalent d'hydrogène, soit dans l'acide chlorhydrique, soit dans l'eau. Ces dernières substitutions engendrent des produits qui appartiennent au type même dont ils sont issus, au type acide chlorhydrique, au type eau. Au contraire, les premières substitutions engendrent des produits qui appartiennent

non pas au type même dont ils sont issus, mais à ce type deux fois condensé, au type acide chlorhydrique deux fois condensé, au type eau deux fois condensé. Reprenant, sous une forme plus précise, une expression déjà employée par Milon et par Malaguti, Würtz nomme les premiers groupements des *groupements monoatomiques*, les seconds des *groupements diatomiques;* plus tard, il a proposé de remplacer ces dénominations par celles de *groupements univalents, groupements bivalents;* ce sont ces dernières expressions que nous adopterons; nous dirons donc que les groupements AzO^2, C^2H^5, C^2H^3O, sont des groupements univalents; que les groupements SO^2, C^2H^4, sont des groupements bivalents.

Le groupement PhO, que nous avons rencontré en étudiant l'acide phosphorique; le groupement C^3H^5, que nous avons cité à l'occasion de la glycérine, possèdent la propriété de pouvoir se substituer à trois équivalents d'hydrogène différents, pris dans trois HCl différents ou dans trois H^2O différents; de donner ainsi des combinaisons qui appartiennent non pas au type acide chlorhydrique ou au type eau, mais au type acide chlorhydrique trois fois condensé ou au type eau trois fois condensé. Le groupement PhO, le groupement C^3H^5, sont donc, dans l'acide phosphorique ou dans la glycérine, des *groupements trivalents*.

Poursuivons les conséquences de ces idées.

Comment M. Williamson est-il arrivé à opposer au type eau le type eau deux fois condensé? Il a vu l'acide azotique qui renferme un seul équivalent d'hydrogène remplaçable par un métal alcalin, et qui fournit une seule série de sels; il a vu l'acide sulfurique qui renferme deux équivalents d'hydrogène remplaçables par un métal alcalin, et qui fournit deux séries de sels, selon qu'un ou deux équivalents d'hydrogène sont remplacés par le métal; de cette opposition est née l'idée que, de même que l'acide azotique dérivait du type eau, l'acide sulfurique dérivait du type eau deux fois condensé.

Or, comparons l'action de l'eau sur les métaux avec l'action de l'acide chlorhydrique. L'acide chlorhydrique renferme un seul équivalent d'hydrogène auquel puisse se substituer un équivalent d'un métal tel que le potassium, le sodium; agissant sur ces métaux, il formera une seule série de sels, le chlorure de potassium, le chlorure de sodium. L'eau, au contraire, renferme deux équivalents d'hydrogène dont chacun peut être remplacé par un métal tel que le potassium, le sodium, l'argent; si un seul équivalent d'hydrogène est remplacé par un métal, nous obtenons une première série de composés, les oxydes hydratés, tels que la potasse, la soude; si les deux équivalents d'hydrogène sont remplacés par deux équivalents métalliques, nous obtenons une seconde série de composés, les oxydes anhydres, tels que l'oxyde d'argent.

Cette opposition entre l'acide chlorhydrique et l'eau n'est-elle pas tout à fait analogue à celle qui existe entre un acide monobasique et un acide bibasique? Ne sommes-nous pas naturellement amenés à regarder l'eau comme appartenant au type acide chlorhydrique deux fois condensé, comme dérivant de deux groupes HCl par substitution d'un seul équivalent d'oxygène à deux équivalents de chlore? Ne sommes-nous pas autorisés à dire que, dans l'acide chlorhydrique, le chlore est un *élément univalent;* que, dans l'eau, l'oxygène est un *élément bivalent?*

De même l'ammoniaque peut être regardée comme appartenant au type acide chlorhydrique trois fois condensé; elle dérive de trois groupes HCl par substitution d'un équivalent d'ammoniaque à trois équivalents de chlore; dans l'ammoniaque, l'azote est un *élément trivalent.*

Le méthane peut être regardé comme appartenant au type acide chlorhydrique quatre fois condensé; un équivalent de carbone s'est substitué à quatre équivalents de chlore, empruntés à quatre HCl différents; dans le méthane, le carbone est un *élément quadrivalent.*

L'iodure d'ammonium peut être regardé comme dérivant,

par substitution d'un équivalent d'iode à un équivalent d'hydrogène, du corps *idéal* AzH^5, qui est l'*hydrure d'ammonium*. L'hydrure d'ammonium peut être rattaché au type acide chlorhydrique cinq fois condensé : prenez cinq HCl différents ; substituez aux cinq équivalents de chlore qu'ils renferment un seul équivalent d'azote, et vous aurez l'hydrure d'ammonium ; dans ce corps, dans l'iodure d'ammonium, dans le chlorhydrate d'ammoniaque, l'azote est un *élément quintivalent*.

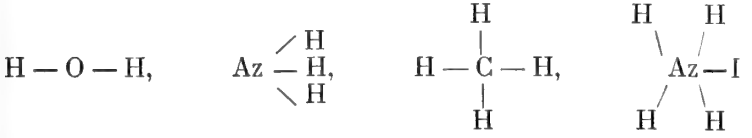
Tous les types dont nous avons parlé se trouvent ainsi ramenés soit au type acide chlorhydrique, soit au type acide chlorhydrique condensé deux, trois, quatre, cinq fois. D'autres types encore existent, qui tous peuvent se ramener au type acide chlorhydrique condensé un certain nombre de fois.

Cela posé, considérons un type chimique quelconque, formé par l'union de deux éléments ou de deux groupes d'éléments *a* et *b* ; si ce type est le type acide chlorhydrique, *a* ce sera Cl et *b* ce sera H ; si ce type est le type eau, *a* ce sera O, et *b* ce sera H^2 ; etc.... Ce type correspond au type acide chlorhydrique condensé *n* fois ; on dit alors que chacun des deux groupes *a* et *b* est, dans ce composé *ab, n-valent;* on dit également qu'en s'unissant pour former le composé *ab, chacun des deux groupes* a *et* b *échange avec l'autre* n *valences;* et l'on écrit la formule de ce composé en traçant *n* traits entre les deux groupes *a* et *b*.

Ainsi, dans l'acide chlorhydrique, un équivalent d'hydrogène échange, avec un équivalent de chlore, une valence ; la formule de l'acide chlorhydrique s'écrit H—Cl. Dans l'eau, un équivalent d'oxygène échange, avec deux équivalents d'hydrogène, deux valences ; la formule de l'eau s'écrit $H^2 = O$. Dans l'ammoniaque, un équivalent d'azote échange, avec trois équivalents d'hydrogène, trois valences ; la formule de l'ammoniaque s'écrit $Az \equiv H^3$. Dans le méthane, un équivalent de carbone échange, avec quatre équivalents d'hydrogène, quatre valences ; la formule

du méthane s'écrit $C \equiv H^4$. Dans l'iodure d'ammonium, un équivalent d'azote échange, avec le groupe H^4I, cinq valences ; la formule de l'iodure d'ammonium s'écrit $Az \equiv H^4I$.

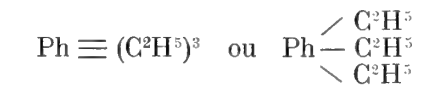
On représentera encore d'une manière plus explicite que l'oxygène, l'azote, le carbone, ont remplacé le chlore de deux, trois, quatre, cinq groupes HCl, en écrivant



Chacun des traits marque ainsi la place de l'un des équivalents de chlore remplacés par substitution et signale l'équivalent d'hydrogène qui lui était uni.

Considérons maintenant une combinaison appartenant au type *ab;* elle est formée par la substitution d'un élément ou d'un groupe d'éléments A au groupe *a;* d'un élément ou d'un groupe d'éléments B au groupe *b*. On dira encore que, dans le composé AB, les deux groupes A et B échangent *n* valences, et l'on écrira la formule du composé en plaçant *n* traits entre A et B.

Prenons, par exemple, la *triéthylphosphine;* c'est un corps qui dérive de l'ammoniaque par substitution d'un équivalent de phosphore à un équivalent d'azote et de trois groupes éthyles C^2H^5 à trois équivalents d'hydrogène. On dira donc que, dans ce corps, un équivalent de phosphore échange trois valences avec le groupe $(C^2H^5)^3$. La formule de la triéthylphosphine s'écrira :



On voit que le type auquel appartient une combinaison est maintenant représenté par le nombre de valences qu'échan-

gent entre elles les deux portions dont l'union est censée former cette combinaison.

Ce mode de représentation présente immédiatement un premier avantage. Considérons le type ammoniaque ; nous rangeons dans ce type un certain nombre de combinaisons, par exemple le protochlorure de phosphore $PhCl^3$, que nous faisons dériver de l'ammoniaque par substitution d'un équivalent de phosphore à un équivalent d'azote et de trois équivalents de chlore à trois équivalents d'hydrogène. Mais il est évident que chacune des combinaisons que nous avons rangées dans le type ammoniaque peut, à son tour, être prise pour la combinaison type, dont toutes les autres dérivent alors par substitution. Par exemple, nous pouvons prendre pour type le protochlorure de phosphore, et dire que l'ammoniaque en dérive par substitution d'un équivalent d'azote à un équivalent de phosphore et de trois équivalents d'hydrogène à trois équivalents de chlore. Il y a donc quelque chose de très arbitraire dans cette opération qui consiste à choisir, parmi toutes les combinaisons appartenant à un même type, celle qui servira à *personnifier* le type.

Cette importance arbitrairement donnée à une combinaison, parmi toutes celles qui dérivent d'un même type, est évitée par la notation des valences. Toutes les combinaisons appartenant à un même type sont alors marquées par un même caractère, sans qu'on ait à faire jouer à aucune d'elles un rôle particulier ; et ce caractère commun mis en évidence, c'est précisément ce que le type considéré a d'essentiel : à savoir, la condensation qu'il faut faire subir au type acide chlorhydrique pour en faire dériver ce type-là.

Mais l'introduction de la notion de valence a encore d'autres avantages d'une importance bien plus considérable ; nous allons examiner quels sont ces avantages.

VI

DE LA FORMULE DÉVELOPPÉE OU FORMULE DE CONSTITUTION.

Il y a, dans l'opération par laquelle on rapporte une combinaison à un type donné, quelque chose d'arbitraire et d'indéterminé; car une même combinaison peut être rapportée à plusieurs types différents.

Prenons, par exemple, la *méthylamine*. Nous pouvons la regarder comme de l'ammoniaque dans laquelle un équivalent d'hydrogène a été remplacé par le groupe méthyle CH^3; nous la rapportons alors au type ammoniaque. Nous pouvons aussi la regarder comme du méthane dans lequel un équivalent d'hydrogène a été remplacé par le groupe AzH^2; nous la rapportons alors au type méthane.

Prenons un exemple un peu plus compliqué : *l'iodhydrate de méthylamine*. Nous pouvons le regarder comme de l'iodure d'ammonium dans lequel un équivalent d'hydrogène est remplacé par le groupe méthyle; nous le rangeons alors dans le type iodure d'ammonium. Nous pouvons le regarder comme du méthane dans lequel un équivalent d'hydrogène a été remplacé par le groupe AzH^3I; nous le rapportons alors au type méthane. Nous pouvons enfin le regarder comme de l'acide iodhydrique dans lequel un équivalent d'hydrogène est remplacé par le méthylammonium $AzH^3(CH^3)$; nous le rapportons alors au type acide chlorhydrique.

Prenons encore un troisième exemple, l'*azotate de potasse*. Nous pouvons regarder ce corps comme de l'eau où un équivalent d'hydrogène a été remplacé par du potassium et l'autre par le groupe AzO^2; nous le rapportons alors au type eau. Nous pouvons le regarder comme du chlorure de potassium où le chlore a été remplacé par le groupe AzO^3; nous le rapportons alors au type acide

chlorhydrique. Nous pouvons le regarder comme de l'hydrure d'ammonium où quatre équivalents d'hydrogène ont été remplacés par deux d'oxygène et où le cinquième a été remplacé par le groupe OK; nous le rapportons alors au type hydrure d'ammonium.

Tous les corps donneraient lieu à des considérations analogues à celles que nous venons de développer sur ces exemples particuliers. Tout corps pourra être, de diverses manières, scindé par la pensée en éléments ou en groupes d'éléments, et ces diverses manières de le découper le feront, en général, dériver de types différents.

Entre ces diverses manières d'envisager le composé, il faudra en choisir une, qui déterminera le type auquel le composé sera rapporté. Mais ce choix n'est pas sans inconvénient. En effet, chacune des manières dont on peut rattacher un composé à un type a l'avantage de mettre en lumière certaines des relations que ce composé présente avec les autres corps, et le désavantage de laisser dans l'ombre certaines autres relations.

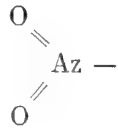
Prenons, par exemple, l'iodhydrate de méthylamine ; en le rapportant au type hydrure d'ammonium, nous mettons bien en évidence ses relations avec l'ammoniaque, mais nous dissimulons ses rapports avec le méthane, avec l'alcool méthylique. En le rapportant au type méthane, nous mettons en évidence ces dernières relations, mais nous dissimulons ses analogies avec les sels alcalins.

C'est ici qu'intervient la notation nouvelle, fondée sur l'idée de l'échange des valences. Ce choix arbitraire et défectueux entre les divers types auxquels un composé peut être rapporté, elle nous donne le moyen de ne pas le faire.

Qu'est-ce, en effet, que faire rentrer un composé dans un type déterminé? C'est prendre en particulier un élément ou un groupe d'éléments appartenant à ce composé, dire combien cet élément ou ce groupe d'éléments échange de valences avec le reste du composé et comment s'effec-

tuent ces échanges. Par exemple, lorsque je dis que l'azotate de potasse appartient au type eau, où un équivalent d'hydrogène a été remplacé par un équivalent de potassium, et un autre par le groupe AzO^2, je dis que l'azotate de potasse renferme un équivalent d'oxygène bivalent, qui échange une valence avec le potassium et une autre valence avec le groupe AzO^2. Lorsque je regarde ce corps comme dérivant de l'hydrure d'ammonium par substitution de deux équivalents d'oxygène à quatre équivalents d'hydrogène et du groupe OK au cinquième équivalent d'hydrogène, je dis que, dans l'azotate de potasse, l'azote est un élément quintivalent qui échange quatre valences avec deux équivalents d'oxygène, et une cinquième avec le groupe OK. Lorsque je rapporte l'azotate de potasse au type chlorure de potassium, j'entends exprimer que le potassium que renferme ce sel est univalent et échange sa valence unique avec le groupe AzO^3.

Mais ce que nous venons de dire ne suggère-t-il pas immédiatement l'idée suivante : *mettre en évidence le nombre de valences de chacun des éléments qui figurent dans le composé et la manière dont ces valences s'échangent deux à deux?* Ainsi, pour l'azotate de potasse, nous marquerons que l'azote est quintivalent dans ce composé; que chacun des équivalents d'oxygène y est bivalent; que le potassium y est univalent; que deux des équivalents d'oxygène échangent chacun deux valences contre deux valences de l'azote; que le troisième équivalent d'oxygène échange une valence contre la cinquième valence de l'azote et l'autre valence contre la valence unique du potassium. Nous représenterons donc l'azotate de potasse par le symbole suivant :



Ce symbole ne rapporte plus l'azotate de potasse à aucun type en particulier ; mais il met immédiatement en évidence tous les types auxquels l'azotate de potasse peut être rapporté. En effet, les diverses manières d'envisager l'azotate de potasse conduiront à écrire ce sel

$$O \begin{cases} AzO^2 \\ K \end{cases},$$

si on le rapporte au type eau ; à l'écrire

$$Az \equiv \begin{matrix} O^2 \\ OK \end{matrix},$$

si on le rapporte au type hydrure d'ammonium ; à l'écrire

$$AzO^3 - K,$$

si on le rapporte au type acide chlorhydrique ; et l'on voit sans peine que tout ce que chacune de ces formules exprime est complètement exprimé par la formule que nous avons écrite en premier lieu ; cette formule se nommera la *formule développée* ou la *formule de constitution* du nitrate de potasse.

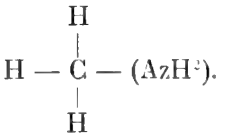
Donnons, pour plus de clarté, quelques autres exemples de formules développées.

Nous avons vu que la *méthylamine* pouvait être rapportée au type ammoniaque, ce qui conduirait à la représenter par la formule

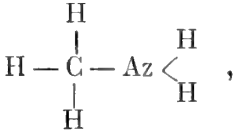
$$Az \begin{cases} (CH^3) \\ H \\ H \end{cases}.$$

Nous avons vu aussi qu'elle pouvait être rapportée au

type méthane, ce qui conduirait à la représenter par la formule

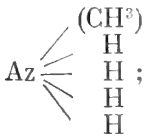


Tout ce qu'expriment ces deux formules se retrouvera dans le symbole

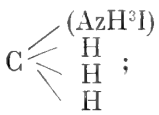


qui est la formule développée de la méthylamine.

Nous avons vu que l'*iodhydrate de méthylamine* pouvait être rapporté au type hydrure d'ammonium, ce qui conduirait à la formule



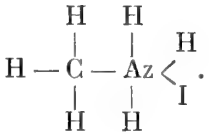
au type méthane, ce qui conduirait à la formule



au type acide chlorhydrique, ce qui conduirait à la formule

$$(CH^3AzH^2) — I.$$

Tout ce qu'expriment ces diverses formules se retrouve dans la formule développée



La formule développée d'un corps a donc pour effet de mettre en évidence tous les types auxquels ce corps peut être rattaché.

De là, une première conséquence :

Lorsqu'on connaît la formule développée d'un corps, on voit immédiatement les divers corps auxquels il pourra donner naissance par voie de substitution ; en sorte que l'on peut classer, et souvent prévoir, les réactions auxquelles ce corps donnera lieu. Il y a plus : cette formule développée, comparée aux formules développées d'autres corps, fait voir par quelles substitutions il est possible de passer de ceux-ci à celui-là. Or, les progrès de la science ont souvent doté la chimie de méthodes propres à effectuer une substitution donnée. Il en résulte que, lorsqu'on connaîtra la formule de constitution d'un corps, on sera souvent en état de reproduire ce corps au moyen d'autres corps que l'on possède déjà, en un mot d'effectuer *une synthèse.*

Cette aptitude de la formule développée à indiquer la voie propre à réaliser la synthèse systématique d'un corps donné est l'un des grands titres de la notation chimique actuelle à notre admiration. C'est par là qu'elle a provoqué d'innombrables découvertes qui enrichissent chaque jour l'industrie de nouveaux produits. Donner ici des exemples de ces synthèses, ce serait entrer dans l'étude détaillée de la chimie, plus que ne le comportent et les dimensions de cet article et le programme de la *Revue.* Contentons-nous de mentionner deux des plus remar-

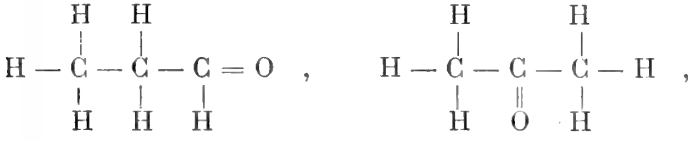
quables de ces synthèses prévues et voulues : la synthèse de l'acide citrique par MM. Grimaux et Adam, et la synthèse de l'indigotine par M. Bæyer.

Mais laissons de côté cette portée pratique de la formule développée ; aussi bien, sa fécondité éclate à tous les yeux de telle manière qu'il serait puéril de s'attarder à la prouver. Il est une autre conséquence, théorique celle-ci, à laquelle conduit la nouvelle notation, et c'est sur cette conséquence que nous voudrions appeler l'attention du lecteur.

Deux corps peuvent avoir la même formule brute et des formules développées différentes. Ce seront alors deux corps distincts, bien que de même composition ; pour les obtenir, il faudra des réactions différentes, des substitutions différentes; de tels corps sont *isomères* l'un de l'autre.

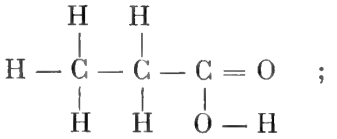
L'isomérie entre deux corps peut, elle-même, être de deux espèces différentes.

Prenons les deux corps dont les formules développées sont :



dont le premier est l'*aldéhyde propionique*, tandis que le second est l'*acétone*.

Soumettons le premier à une action oxydante ; l'hydrogène relié à l'équivalent de carbone qui porte déjà un équivalent d'oxygène va être remplacé par le groupe OH ; nous obtiendrons un corps dont la formule développée sera



ce corps renferme le groupe COOH, qui caractérise les acides organiques ; c'est un acide, l'*acide propionique*.

Soumettons de même l'acétone à une action oxydante ; rien de semblable ne pourra se produire, car aucun équivalent d'hydrogène n'est directement uni à l'équivalent de carbone qui se relie à l'oxygène ; aussi l'acétone, soumis à une action oxydante, se dédouble en acide acétique et acide formique.

Voilà un premier exemple d'isomérie ; entre les deux isomères, il y a différence de fonction chimique ; dans les mêmes circonstances, ils éprouvent des réactions chimiques différentes.

Voici maintenant un cas d'isomérie tout différent : c'est celui où deux composés formés des mêmes éléments, rangés d'une manière différente, peuvent toujours subir des substitutions semblables ; de telle sorte que, dans des circonstances chimiques semblables, ces deux composés subiront des réactions semblables ; mais les produits résultant de ces réactions semblables seront non pas des corps identiques, mais encore des corps isomères comme ceux dont on est parti. De cette *isomérie de position*, les dérivés de la benzine offrent de saisissants exemples ; l'étude de ces exemples exigerait malheureusement de trop longs préliminaires pour qu'il nous soit possible de la développer ici.

Cette représentation des corps isomères et, en particulier, des isomères de position, est l'une des plus belles conséquences de l'emploi des formules de constitution.

Nous venons d'esquisser les principes de la notation par laquelle les chimistes représentent et classent les innombrables composés qu'ils ont à étudier.

Nous avons vu que les fondements de cette notation étaient constitués par les deux idées d'*analogie chimique* et de *substitution chimique*. Ces deux idées ne sont, ni l'une ni l'autre, susceptibles d'une définition à la manière

de celles que donne le géomètre ; en sorte que les discussions entre chimistes ne peuvent être tranchées par une suite de syllogismes aboutissant à une réduction à l'absurde.

L'analogie chimique trouve sa représentation dans la *formule brute,* édifice qui a pour matériaux les *poids équivalents* des divers éléments. Pour représenter la manière dont divers corps peuvent dériver les uns des autres par des substitutions, il est nécessaire de faire appel à la *formule développée,* combinaison où figurent à la fois les poids équivalents des éléments et le *nombre des valences* qu'ils échangent deux à deux.

Telles sont les notions fondamentales sur lesquelles repose ce qu'on a appelé la *notation atomique.*

VII

DES HYPOTHÈSES ATOMISTIQUES.

Nous avons tracé les principes sur lesquels repose la notation atomique et nous n'avons pas même fait usage du mot *atome.* Deux fois, des mots dérivés de celui-là se sont rencontrés sous notre plume : la première fois, c'était le mot *poids atomique;* la seconde fois, c'était le mot *atomicité;* mais nous les avons rejetés et remplacés, l'un, par le mot *poids équivalent;* l'autre, par le mot *valence.*

Cependant, bien que nous n'ayons invoqué ni le nom, ni l'idée d'atome dans la théorie que nous venons de développer, c'est en réalité au moyen d'hypothèses sur la constitution atomique de la matière que cette théorie a été constituée.

Voici un corps simple, par exemple un morceau de cuivre. Il nous apparaît comme remplissant d'une manière continue un certain volume. Ce volume est divisible par la pensée en deux parties, celles-ci en deux autres, les

parties résultantes encore en deux, et ainsi de suite à l'infini. Nous ne voyons rien qui empêche chacun des volumes, si petit soit-il, que nous obtenons de la sorte, d'être un morceau de cuivre semblable à celui que nous imaginons, comme lui rempli de cuivre d'une manière continue.

Pour certaines écoles philosophiques, il est certain, évident même, qu'il en doit être ainsi; qu'un corps est divisible à l'infini. Descartes, par exemple, qui identifie la matière et l'étendue géométrique, ne peut refuser à la matière l'infinie divisibilité qui appartient incontestablement à l'étendue géométrique.

Pour d'autres écoles philosophiques, il est non moins certain, non moins évident qu'il n'en peut pas être ainsi; admettre que la matière est divisible à l'infini est une absurdité. La continuité que nous croyons reconnaître dans notre fragment de cuivre est, selon ces philosophes, une illusion. Notre morceau de cuivre est formé d'éléments que nous nommerons atomes; ces éléments sont séparés les uns des autres, de telle manière qu'un volume de dimensions accessibles à nos moyens d'expérience en renferme un nombre extrêmement considérable, mais fini. On pourrait donc pousser assez loin la division du volume occupé par notre morceau de cuivre pour que chacun des volumes partiels obtenus contînt un seul atome. Arrivés à ce terme, nous pourrions pousser plus loin la division idéale du volume occupé par le cuivre, mais non la division physique du cuivre; l'élément que nous avons isolé est maintenant insécable.

Q'est-ce que cet élément, et pourquoi est-il insécable? Les diverses doctrines métaphysiques résolvent cette question d'une manière différente.

Pour les uns, cet élément ultime de la matière n'est pas étendu; il est un véritable *point,* dénué de toute dimension; c'est un être simple, qui n'est pas composé de parties et ne peut par conséquent être divisé.

Pour les autres, cet élément ultime de la matière occupe une certaine étendue ; mais ce caractère d'être étendu, d'avoir une forme, ne l'empêche pas d'être constitué par un être unique, qui ne peut se diviser, c'est-à-dire devenir deux êtres.

Mentionnons encore une troisième solution, celle des *atomes-tourbillons* de sir W. Thomson, synthèse singulière de la théorie cartésienne de la matière et des théories atomistiques, trop compliquée pour que nous puissions l'exposer ici sans allonger cet article d'une manière démesurée.

Prenons maintenant deux corps simples, par exemple le cuivre et le soufre, et combinons-les ; que voyons-nous ? Deux corps différents, remplissant d'une manière continue deux volumes différents, se sont transformés en un troisième corps, remplissant un volume d'une manière continue, et possédant des propriétés qui ne sont plus ni celles du soufre, ni celles du cuivre ; en d'autres termes, il n'y a plus ni soufre ni cuivre, il n'y a plus que du sulfure de cuivre.

Tous ces résultats immédiats de l'observation, pour les philosophes atomistes, ne sont encore qu'illusion. Lorsque le soufre et le cuivre se combinent, ni le soufre, ni le cuivre ne cessent d'exister ; leurs atomes sont impérissables. Les atomes du soufre et ceux du cuivre viennent simplement se ranger les uns auprès des autres, se grouper d'une certaine manière ; c'est à ce groupement que l'on donne le nom de *molécule ;* la nature et le nombre des atomes qui se juxtaposent pour former la molécule, la manière dont ils sont disposés caractérisent les propriétés du composé.

De là, comme l'a montré Dalton, se déduisent aisément les lois fondamentales de la chimie.

Chaque atome a une masse invariable ; dans l'acte de

la combinaison, aucun atome n'est détruit, aucun atome n'est créé ; par conséquent la masse de la combinaison est égale à la somme des masses qui ont servi à la former.

Dans une combinaison déterminée de deux corps, la molécule est toujours formée d'un nombre déterminé d'atomes du premier corps et d'un nombre déterminé d'atomes du second ; par conséquent les masses de deux corps qui s'unissent pour former une combinaison déterminée sont toujours entre elles dans un rapport déterminé : c'est la loi des proportions définies.

Deux mêmes corps peuvent former des combinaisons différentes. Mais la molécule de chacune de ces combinaisons renfermera toujours un nombre entier, généralement simple, d'atomes du premier corps, et un nombre entier, généralement simple, d'atomes du second corps : de là résulte immédiatement la loi des proportions multiples.

En d'autres termes, quand deux corps se combinent, les masses qui s'unissent sont entre elles comme les masses des atomes de ces deux corps, ou comme les produits de ces dernières masses par des nombres entiers généralement simples.

Quelle sera la cause de l'analogie chimique entre deux corps? un groupement semblable d'un même nombre d'atomes de nature différente ; en sorte que les molécules de deux composés analogues seront des édifices semblables construits avec des matériaux dissemblables.

Cette similitude de forme et de structure de la molécule se traduira extérieurement par la similitude de forme du polyèdre cristallin : de là la loi de l'isomorphisme, que Mitscherlich énonce dans la phrase suivante, toute imprégnée des idées que nous exposons en ce moment :

« Le même nombre d'atomes, combinés de la même manière, produit la même forme cristalline ; et la même forme cristalline est indépendante de la nature chimique des atomes et n'est déterminée que par le nombre et la position relative des atomes. »

Dès lors, qu'est-ce que le poids équivalent d'un corps simple ? C'est le rapport entre la masse de l'atome de ce corps et la masse de l'atome d'hydrogène ; par exemple, le poids équivalent de l'oxygène est 16, parce que la masse de l'atome d'oxygène est 16 fois plus grande que la masse de l'atome d'hydrogène ; de là le nom de *poids atomique* employé pour désigner le poids équivalent.

Qu'est-ce que la formule chimique d'un composé ? C'est l'indication du nombre et de la nature des atomes qui se groupent entre eux pour former une molécule du composé. Aussi donne-t-on constamment à cette formule le nom de *molécule ;* on dit que HCl représente une molécule d'acide chlorhydrique ; que H^2O représente une molécule d'eau. La somme des poids équivalents qui sont réunis dans une même formule chimique représente le rapport de la masse de cette molécule à la masse d'un atome d'hydrogène ; aussi lui donne-t-on le nom de *poids moléculaire ;* c'est ainsi que 36,5 est le poids moléculaire de l'acide chlorhydrique ; que 18 est le poids moléculaire de l'eau.

Telle est l'hypothèse atomique de Dalton ; elle cadre bien avec les premières lois, les premières notions de la chimie ; il s'agit maintenant de la compléter de telle manière qu'elle embrasse toute cette branche de la chimie que Dumas a créée en concevant la notion de *substitution*.

Chaque atome possède une ou plusieurs *atomicités ;* l'atomicité, c'est ce par quoi un atome peut s'attacher à un autre atome ; ou, plutôt, pour que deux atomes s'unissent, il faut qu'un certain nombre d'atomicités du premier se joignent chacune à chacune avec un nombre égal d'atomicités du second.

Il est des atomes qui ne possèdent qu'une atomicité : ce sont les atomes du chlore, de l'iode, de l'hydrogène, du potassium, etc... ; chacun de ces atomes ne peut évidemment s'unir qu'avec un seul atome de la même classe ;

lorsqu'une pareille union s'est effectuée par la soudure de l'atomicité unique de l'un de ces atomes à l'atomicité unique de l'autre, ces deux atomes ne présentent plus aucune atomicité libre ; le composé ne peut plus s'unir à un nouvel atome, il est *saturé*.

Il est des atomes qui possèdent deux atomicités : l'oxygène, le calcium sont dans ce cas ; l'atome d'oxygène pourra s'unir à deux atomes d'hydrogène, dont chacun, par son atomicité unique, viendra saturer une des atomicités de l'atome d'oxygène ; l'atome de calcium pourra se combiner à deux atomes de chlore ; ainsi se forment l'eau, le chlorure de calcium. Mais un atome d'oxygène se combinera avec un seul atome de calcium, car chacun d'eux, ayant deux atomicités à saturer, aura besoin pour lui seul des deux atomicités de l'autre.

Lorsqu'un atome d'hydrogène se trouve dans un corps composé, son atomicité unique sature une des atomicités du reste du composé ; le chlore, qui lui aussi ne présente qu'une atomicité, sera également apte à saturer cette atomicité unique en se saturant lui-même ; un atome de chlore et un atome d'hydrogène pourront donc, dans un même édifice moléculaire, se substituer l'un à l'autre.

Au contraire, pour qu'un atome d'oxygène, qui possède deux atomicités à saturer, puisse se placer dans un édifice moléculaire, il faut que la partie de l'édifice qui disparaît pour lui faire place laisse libre deux atomicités ; il ne suffirait pas, pour que cette introduction d'un atome d'oxygène devienne possible, d'enlever à l'édifice moléculaire un seul atome d'hydrogène ou un seul atome de chlore ; cette opération ne dégagerait qu'une seule atomicité ; il faudra enlever deux atomes d'oxygène ou deux atomes de chlore ; l'oxygène possède donc cette propriété qu'un seul de ses atomes se substitue à deux atomes d'hydrogène ou à deux atomes de chlore.

Ces exemples suffisent à montrer comment, dans la théorie de la constitution atomistique de la matière, on

rend compte des phénomènes de substitution. Ce que nous avons appelé *nombre de valences* d'un élément, c'est le *nombre d'atomicités* que possède l'atome de ce corps élémentaire; les traits qui, dans nos formules développées, représentaient les valences échangées, représentent en réalité la manière dont les atomicités des divers atomes groupés dans la molécule se saturent deux à deux.

Tout ce que nous venons de dire est très général; nous avons parlé des atomicités que possède un atome sans préciser la nature intime de ces atomicités ; il est, en effet, plus aisé de décrire comment l'école atomistique fait intervenir l'atomicité dans les phénomènes de substitution que de marquer comment elle explique cette propriété singulière de l'atome; la plupart des chimistes de cette école évitent toute recherche sur la nature de ce je ne sais quoi qui sert à souder l'un à l'autre deux atomes, et qui a peut-être le défaut de trop ressembler aux classiques crochets des atomes de Lucrèce. Écoutons par exemple Würtz (1), le véritable créateur de la notion de valence :

« Capacité de combinaison (1) n'est pas synonyme d'affinité. L'énergie avec laquelle un corps se combine avec un autre corps est indépendante de la faculté qu'il possède d'attirer un ou plusieurs atomes de ce dernier.

» La première est l'affinité, la seconde l'atomicité : toutes deux sont des manifestations de la force chimique.

» L'affinité est mesurée par la quantité de force vive qui est transformée par l'effet de la combinaison et qui se manifeste comme chaleur.

» L'atomicité est mesurée par le nombre des atomes d'hydrogène ou d'un élément analogue qu'un corps donné peut fixer. Les atomes de chlore et ceux d'hydrogène sont ainsi faits qu'un atome du premier attire toujours un atome du second. La force avec laquelle il l'attire, c'est

(1) Würtz. *Dictionnaire de chimie*, art. *Atomicité*. Dans son livre sur la *Théorie atomique* (pp. 164 et seqq.), Würtz s'exprime d'une manière analogue.

l'affinité ; la vertu de se contenter d'un seul atome, c'est l'atomicité. Sous ce dernier rapport, les atomes de chlore et d'hydrogène se valent : un atome d'une espèce ne fixe qu'un atome de l'autre. La force qui réside en eux est une force puissante, mais simple. La force qui réside dans un atome d'oxygène est puissante aussi, mais d'une nature plus complexe, puisqu'elle parvient à annexer deux atomes d'hydrogène, lorsqu'un atome de chlore n'en peut attirer qu'un seul.

» Ainsi nous constatons dans la force qui attire les atomes d'un corps vers les atomes d'un autre corps deux choses distinctes, savoir : 1° son intensité ; 2° son action simple ou multiple. Ces deux manifestations de la force chimique sont indépendantes l'une de l'autre. En effet, l'énergie de l'affinité ne donne pas la mesure du degré de l'atomicité.

» Le chlore attire l'hydrogène avec plus de force que le carbone, et pourtant un atome de carbone peut s'unir à quatre atomes d'hydrogène, tandis qu'un atome de chlore ne s'unit qu'à un seul atome d'hydrogène.

» L'atomicité est donc cette propriété particulière d'un atome, d'attirer un nombre plus ou moins grand d'autres atomes. C'est sa valeur ou, comme on dit, sa capacité de combinaison. »

Tous les chimistes n'ont pas imité la prudente réserve d'Ad. Würtz. Le P. A. Leray, dans un intéressant petit livre (1) dont nous aurons bientôt à entretenir les lecteurs de la *Revue*, suppose que l'atome chimique a la forme d'un polyèdre. Deux atomes qui se combinent s'accolent par deux faces égales ou inégales. La valence d'un atome, d'oxygène par exemple, par rapport à un autre atome, d'hydrogène par exemple, c'est le nombre de faces du premier qui présentent une forme et une étendue telles qu'une

(1) Le P. A. Leray, *Complément de l'Essai sur la synthèses des forces physiques*, p. 105 (Paris, 1892).

face du second puisse venir s'y accoler d'une manière stable.

M. J.-J. Thomson a également cherché à donner, dans l'hypothèse des atomes-tourbillons (1), une explication de la combinaison chimique qui rende compte des faits de substitution représentés par la notion de valence. Mentionnons d'ailleurs en passant que cette explication ne cadre pas en tous les points avec ce que les chimistes admettent au sujet des valences des divers éléments.

Mais ces diverses explications de la valence des atomes se heurtent à plusieurs difficultés qu'il nous faut examiner.

En premier lieu, le nombre de valences que possède un élément dans une combinaison déterminée est bien défini ; ainsi le chlore, l'iode sont univalents dans l'acide chlorhydrique, l'acide iodhydrique ; l'azote est trivalent dans l'ammoniaque ; le carbone est quadrivalent dans le méthane. Mais il n'en faut pas conclure que le nombre de valences d'un élément soit un nombre entièrement déterminé, d'une manière absolue, abstraction faite de la combinaison dans laquelle cet élément est engagé et de la manière dont il y est engagé. Le nombre de valences d'un élément peut changer selon que cet élément fait partie d'une combinaison ou d'une autre. L'iode, univalent dans l'acide iodhydrique, est trivalent dans le chlorure d'iode ; l'azote, trivalent dans l'ammoniaque, est quintivalent dans le chlorhydrate d'ammoniaque ; le carbone, quadrivalent dans le méthane ou dans l'acide carbonique, est bivalent dans l'oxyde de carbone. Il y a plus : lorsque deux équivalents d'un même élément figurent dans une même combinaison, ils peuvent y figurer avec un nombre de valences différent. Dans l'azotite d'ammoniaque, l'équivalent d'azote qui provient de l'ammoniaque est quintivalent,

(1) On trouvera un exposé complet des travaux dont l'hypothèse des *atomes-tourbillons* a été l'objet, dans l'ouvrage si intéressant, mais malheureusement inachevé, de M. Marcel Brillouin : *Recherches récentes sur diverses questions d'hydrodynamique* (Paris, 1891).

celui qui provient de l'acide nitreux est trivalent; l'éthylcarbylamine renferme deux équivalents de carbone quadrivalents et un équivalent qui présente seulement deux valences.

Cette variation du nombre des valences d'un élément avec la combinaison dans laquelle il se trouve engagé est donc un fait indéniable. Elle n'est pas sans embarrasser quelque peu les chimistes qui cherchent à envisager le nombre des valences comme une propriété de l'atome élémentaire.

Prenons, par exemple, l'atome d'azote; il doit, selon les circonstances, se montrer trivalent ou quintivalent. Quelle que soit donc l'explication que l'on voudra donner de la valence ou atomicité, on devra en tout cas admettre que l'azote présente tout d'abord trois atomicités, que nous nommerons *atomicités de premier ordre*, et qui sont celles où viennent se fixer les trois atomes d'hydrogène de l'ammoniaque; puis, qu'il présente deux autres atomicités, que nous nommerons *atomicités du second ordre*, et qui sont celles où viennent se fixer les éléments de l'acide chlorhydrique dans la formation du chlorhydrate d'ammoniaque.

Une atomicité du second ordre de l'atome d'azote ne pourra pas être due à la même cause, agissant de la même manière et dans les mêmes proportions, qu'une atomicité du premier ordre. En effet, s'il en était ainsi, les cinq atomicités seraient absolument identiques entre elles et les raisons de symétrie rendraient absurde l'existence de composés, comme l'ammoniaque, où trois de ces atomicités seraient satisfaites tandis que les deux autres seraient libres. Nous devons donc admettre qu'entre une atomicité de premier ordre de l'atome d'azote et une atomicité de second ordre du même atome, il existe une différence essentielle, intrinsèque, quelles que soient d'ailleurs l'origine et la nature de cette différence.

Si, par exemple, nous adoptons l'explication donnée par le P. A. Leray, il nous faudra supposer que les faces

de l'atome d'azote correspondant aux trois atomicités de premier ordre n'ont pas la même forme, la même grandeur, que les faces correspondant aux deux atomicités de second ordre ; et c'est bien du reste ce que semble admettre le P. A. Leray.

Or cette distinction essentielle, intrinsèque, que nous sommes obligés d'établir entre les atomicités du premier ordre et les atomicités du second ordre, aussitôt que nous voulons regarder ces atomicités comme des propriétés de l'atome d'azote, cette distinction est-elle admissible ?

Prenons de l'éthylamine : dans ce corps, le groupe éthyle C^2H^5 est fixé à l'une des atomicités du premier ordre de l'atome d'azote. Combinons-la avec de l'acide iodhydrique, dont les éléments iront se fixer aux atomicités du second ordre. Nous obtiendrons l'iodhydrate d'éthylamine.

Prenons maintenant de l'ammoniaque, dans laquelle les trois atomicités du premier ordre de l'azote sont saturées par trois atomes d'hydrogène ; combinons-la avec l'iodure d'éthyle ; l'iode va saturer une des atomicités du second ordre et l'éthyle se fixera à l'autre. Nous obtiendrons ainsi un corps dont la composition sera la même que celle du précédent.

Ces deux corps, de même composition, sont formés d'une manière différente. Dans l'un, le groupe éthyle est fixé à une atomicité du premier ordre ; dans l'autre, à une atomicité du second ordre. Puis donc que ces deux atomicités d'espèces différentes ne peuvent être identiques, les deux composés ne peuvent, non plus, être identiques ; ce doivent être deux corps isomères.

Or l'expérience montre que ces deux composés sont, non pas deux isomères différents, mais un seul et même corps.

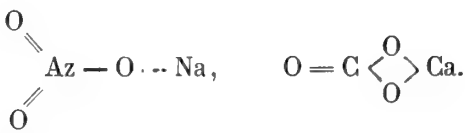
Les faits de ce genre, — et ils sont nombreux, — sont difficilement explicables si l'on veut regarder les atomes isolés comme possédant un nombre déterminé d'atomicités, quelle que soit d'ailleurs la propriété de ces atomes par

laquelle on cherche à expliquer ces atomicités. La difficulté disparaît si l'on introduit la notion de valence comme nous l'avons fait dans ce qui précède : il n'y a pas lieu de se demander si l'atome d'azote possède trois ou cinq valences, et si ces valences sont ou ne sont pas semblables. L'atome d'azote, pris isolément, hors de toute combinaison, n'a pas de valence ; le mot même n'aurait aucun sens pour lui ; il ne possède des valences que lorsqu'il est engagé dans une combinaison ; dans cette combinaison, il en a trois ou cinq selon que la combinaison est rapportée au type acide chlorhydrique trois fois condensé ou au type acide chlorhydrique cinq fois condensé ; et qu'il en ait trois ou qu'il en ait cinq, ces trois valences ou ces cinq valences sont, par définition, identiques entre elles.

Mais abordons maintenant l'examen d'un autre genre de difficultés auxquelles se heurtent les hypothèses atomistiques.

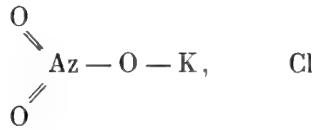
Si les valences représentent ce par quoi les atomes sont rivés les uns aux autres dans la molécule chimique, deux molécules chimiques devront, pour être analogues, être formées d'atomes placés de la même manière et échangeant entre eux des valences d'une manière semblable. Cette similitude dans la manière dont les valences se rivent les unes aux autres sera la cause de l'isomorphisme, puisque, selon le mot de Mitscherlich, le même nombre d'atomes, groupés de la même manière, produit la même forme cristalline.

Cela étant, comparons le nitrate de soude et le carbonate de chaux, et écrivons les formules développées de ces deux corps :



Peut-on imaginer deux formules figurées plus différentes? Et si les formules figurées ont quelque relation avec la manière dont les atomes se relient les uns aux autres dans la molécule, peut-on imaginer deux molécules ayant une structure plus différente? Cependant, non seulement le nitrate de soude a sensiblement la même forme cristalline que le carbonate de chaux, mais encore si, dans une solution saturée de nitrate de soude on plonge un rhomboèdre de spath d'Islande, les rhomboèdres de nitrate de soude se déposent à sa surface *en prenant la même orientation que lui*. Le carbonate de chaux et le nitrate de soude sont isomorphes.

Comparons encore le nitrate de potasse et le chlorate de potasse; écrivons leurs formules développées :



Assurément, voilà des formules bien différentes et, si les formules représentent à quelque degré la structure de la molécule, voilà des molécules bien différentes; cependant, les chlorates sont analogues aux nitrates, et les travaux de M. Mallard ont mis hors de doute l'isomorphisme de ces deux genres de sels.

Voilà donc de nouvelles difficultés; d'où proviennent-elles? De ce que, si l'on regarde la formule développée comme représentant l'agencement des atomes chimiques dans la molécule, il est difficile de ne pas attribuer à des molécules de structure semblable une formule développée semblable et de ne pas admettre que des molécules analogues au point de vue chimique ont une structure analogue; en sorte que l'analogie chimique de deux composés doit être représentée par la similitude des formules développées. Au contraire, nous avons vu comment la notion de

valence découlait de la notion de substitution, notion absolument distincte et indépendante de la notion d'analogie chimique ; en sorte que c'est la formule brute et la formule brute seule qui doit exprimer l'analogie chimique ; deux composés chimiques analogues ont forcément des formules brutes semblables ; mais ces formules brutes ne se développent pas forcément de la même manière.

On le voit, la notation atomique, telle qu'elle est ordinairement exposée, n'est pas sans se heurter à certaines difficultés qui ont leur source dans l'expérience. Toutes ces difficultés ont pour cause le lien que l'on a établi entre cette notation et les hypothèses atomistiques sur la constitution de la matière. Mais ce lien n'est pas indissoluble. Délions-le ; donnons la notation chimique pour ce qu'elle est en réalité : une méthode propre à classer les composés chimiques ; montrons que, comme toute méthode de classification, elle repose sur certaines notions, notion d'*analogie chimique* et notion de *substitution chimique,* qui ne sont pas susceptibles d'être définies à la manière des concepts géométriques, mais qui, à la manière des idées employées par les naturalistes, s'acquièrent par la comparaison et s'éclairent par des exemples ; aussitôt nous voyons s'évanouir les difficultés qu'avait fait naître le désir présomptueux de prendre une classification pour une explication.

D'ailleurs nous évitons ainsi toutes les objections métaphysiques que le philosophe peut adresser aux théories atomitisques sur la constitution de la matière ; notre théorie chimique devient indépendante, et dans ses principes et dans sa méthode, des solutions données par les diverses écoles philosophiques aux problèmes soulevés par la nature des corps.

Il semble que les idées exposées dans cet article auraient évité bien des discussions passionnées, et cependant stériles, si elles avaient été communément admises

il y a vingt-cinq ans. Elles paraissent, en effet, toutes pénétrées des principes qu'enseignait un chimiste, regardé à cette époque comme le plus puissant adversaire de la théorie atomique, H. Sainte-Claire Deville. Dans ses admirables *Leçons sur l'affinité* (1), que devraient lire et méditer tous ceux qui ont à cœur de bien saisir la méthode et la portée des sciences physiques, Deville proclame hautement que la chimie est une science naturelle et que ses théories sont des méthodes de classification : « Il ne faut pas l'oublier, la chimie est une science naturelle. Nous étudions, nous observons, nous expérimentons la matière telle qu'elle est faite. Les pierres, les minéraux, les éléments des êtres organisés, tout ce qui se trouve autour de nous sur la terre nous est offert comme l'objet illimité d'un travail sans fin. Quoi que nous fassions, quelles que soient les tendances contemporaines à l'abstraction, nous devons employer pour arriver à la découverte de la vérité les méthodes usitées dans les sciences naturelles. Établissons les analogies, constatons les ressemblances et les différences de tout ordre, faisons peu à peu le travail d'une classification qui sera longtemps, qui sera peut-être toujours incomplète ; expérimentons constamment pour prouver la légitimité des principes qui nous guident ou pour en démontrer l'imperfection ou l'inexactitude; mais jamais ne nous fions un instant aux hypothèses, et surtout jamais ne donnons un corps et une réalité aux abstractions que nous impose la faiblesse de notre nature. Je m'explique. Toutes les hypothèses admises aujourd'hui disparaîtront nécessairement de la science. Je ne fais aucune exception, même en faveur de cette théorie des ondulations, admirable conception de l'esprit humain, où l'hypothèse de l'éther lumineux laisse encore bien à désirer...

(1) H. Sainte-Claire Deville. *Leçons sur l'affinité,* professées devant la Société chimique le 28 février et le 6 mars 1867 *(Leçons de la Société chimique de Paris,* Paris 1869).

» Il en est de même en chimie. — L'hypothèse des atomes, l'abstraction de l'affinité, des forces de toute sorte que nous faisons présider à toutes les réactions des corps que nous étudions, sont de pures inventions de notre esprit, des noms que nous faisons substance, des mots auxquels nous prêtons une réalité. — Toutes ces hypothèses, toutes ces abstractions ne sont heureusement pas indispensables. Nous étudierons les phénomènes chimiques, nous établirons leurs similitudes ou leurs différences; nous expérimenterons pour établir une classification provisoire, et nous constituerons ainsi une science dont toutes les parties échapperont à toute critique. »

Il est à craindre qu'aujourd'hui encore, on ne soit pas assez pénétré de ces principes; que beaucoup de chercheurs veuillent voir dans les schémas de la notation atomique une figure de la manière dont les atomes se groupent dans les combinaisons; voilà pourquoi nous avons cru utile de marquer, aussi nettement que nous avons pu le faire, l'origine et le sens des abstractions que l'on nomme poids atomique, valence, formule chimique, car, de ces abstractions, on peut justement dire avec H. Sainte-Claire Deville : « Elles sont nuisibles, lorsqu'on oublie leur origine et leur entrée dans la science, et elles nous conduisent alors à ce mysticisme scientifique dont la chimie donne, en ce moment, un dangereux exemple. »

P. Duhem.

LA FAUNE DU CHAN-TOUNG (CHINE)

§ I. Bibliographie.

Nous ne trouvons que fort peu de renseignements sur la faune du Chan-toung dans les récits des anciens voyageurs européens. Le peu qu'ils nous disent de son histoire naturelle est évidemment le résumé de conversations avec leurs interprètes. Marco-Polo et Odoric de Pordenone mentionnent les vers à soie des environs de Sunzumatu *(Tsi-ning-tchéou)*. Nieuhoff parle des loups que l'on chasse activement, au moyen de chausses-trapes et de creux couverts. Il nous raconte longuement et en termes merveilleux l'histoire de la chasse au lièvre ensorcelé. Il mentionne, comme Martini, l'existence de la pierre de vache *(Niou-houang)* aux environs de *Teng-tchéou-fou,* et nous fait assister à la pêche au cormoran sur le Grand Canal, telle qu'elle s'y pratique encore de nos jours.

Les voyageurs modernes n'ajoutent presque rien à ce maigre budget. Richthofen se confine dans ses observations géologiques ; le Rev. Williamson nous donne quelques renseignements peu scientifiques, et le savant abbé Armand David n'a malheureusement pas traversé cette province.

Quant aux livres chinois, ils sont remplis d'erreurs qu'il faut écarter avec soin si l'on veut en retirer quelques renseignements utiles. En les comparant avec les observations du célèbre naturaliste anglais R. Swinhoe, qui résida quelques années à Tchéfou en qualité de consul de S. M. Britannique, et en faisant peindre soigneusement par un artiste indigène tous les animaux et insectes observés par nous au Chan-toung, pendant un séjour de quatre ans et demi, nous avons pu cependant arriver à connaître très approximativement la faune de cette province. Nos aquarelles d'oiseaux, complétées au Muséum de Shanghaï et à celui de Si-ka-wei, et se montant au nombre de 944, furent dûment classées et nommées par le B^{on} Frédéric Billaud et l'abbé A. David. Les aquarelles de poissons (près d'une centaine) ont été nommées au Muséum de Paris par MM. Vaillant et Sauvage. MM. Oberthür, les savants lépidoptéristes de Rennes, ont bien voulu identifier et classer nos nombreuses représentations de papillons et d'insectes, tandis que nos crustacés doivent leurs dénominations à l'extrême obligeance de M. Alph. Milne Edwards. Tels sont les documents anciens et modernes sur lesquels nous nous appuyons pour donner ici un aperçu de la faune de la province de Chan-toung.

§ II. Faune préhistorique.

Les animaux qui habitaient ce pays aux temps géologiques ou préhistoriques, et dont on découvre aujourd'hui les restes fossiles, soit dans les roches, soit dans le loëss, semblent indiquer que la province du Chan-toung jouissait alors d'un climat tropical. Autant qu'on peut en juger par les échantillons imparfaits que nous ont apportés les Chinois, qui d'ordinaire les brisent pour en faire des

médicaments, le pays fut autrefois habité par l'*Elephas primigenius,* le *Rhinoceros tichorinus*, l'*Equus caballus*, le *Bos primigenius* et deux ou trois cerfs encore indéterminés. S'il faut en croire les récits des Chinois, qui prétendent avoir découvert, dans les berges en argile de loëss de la rivière de *Wei-hsien*, un squelette presque complet de rhinocéros, au crâne duquel quelques poils adhéraient encore, ce dernier représentant des grands pachydermes disparus aurait habité le pays à une époque relativement récente. Une molaire de quatre pouces de largeur sur un pouce de hauteur, qui nous fut montrée, ressemblait fort à celles du *Rhinoceros tichorinus* trouvées par l'abbé A. David dans le loëss du nord de la Chine et de la Mongolie. Cette supposition de l'existence à une époque presque historique de grands animaux aujourd'hui disparus est d'ailleurs confirmée par le texte des classiques chinois. Nous lisons en effet dans Mencius *(Meng-tze)* que *Chou-Koung* réussit à délivrer l'état de Yü (au Chantoung occidental) de tous les tigres, léopards, éléphants et rhinocéros qui l'infestaient. Or, le règne de *Chou-Koung* remontant à 1200 avant J.-C., il semble résulter de cette citation que le Chan-toung fut, au moins en Chine, le dernier asile connu de l'*Elephas primigenius* et du *Rhinoceros tichorinus*. Quant aux tigres et aux léopards, le grand empereur Yü n'avait pas réussi à en débarrasser complètement le pays, puisque les Annales du Chantoung *(Chan-toung-toung-tchê)* racontent qu'un tigre venu du nord fut tué en 1659, non loin de Tchéfou (à *Houang-hsien),* après avoir dévoré un certain nombre de bœufs. Vers 1649, d'après le *North China Daily News*, un léopard *(Wen-pao)* fut pris aux environs de *Tchi-yang-hsien* près *Tchi-nan-fou*. Ces derniers récits sont d'autant plus croyables que la province limitrophe du Tcheli renferme encore aujourd'hui des tigres, des léopards et des panthères *(Felis tigris, Felis Fontanieri, Felis irbis).* Suivant certains auteurs, le lion aurait existé en Chine

jusqu'en 1470; mais cela nous paraît fort douteux. Les statues grotesques que l'on trouve à l'entrée de certains monuments publics représentent le chien de Fo, le carlin de Pékin, et non des lions, comme on l'a trop répété.

La destruction des forêts est la cause principale de la disparition au Chan-toung des grands fauves qui existent encore dans les montagnes des provinces voisines du Tcheli et du Shansi. Nous savons en effet, par Marco-Polo, Nieuhoff et d'autres écrivains, que la province que nous étudions, aujourd'hui complètement dépourvue de forêts, fut autrefois très boisée, surtout dans le sud et l'ouest, et que *Lin-tsin-tchéou* au nord-ouest était célèbre par un grand commerce de bois.

Nous avons vu souvent, entre les mains des bateleurs, des ours et des singes savants *(Ursus tibetanus* et *Macacus tcheliensis)*. Ces animaux provenaient des provinces voisines; mais les livres chinois et la brochure de M. O. F. von Mollendorff *(Vertebrata of the Province of Chili)* nous apprennent qu'ils étaient connus au Chan-toung il n'y a que quelques années.

Nous n'avons jamais vu de cervidés dans le pays, bien que les Annales mentionnent en 1736 l'existence de plusieurs espèces de cerfs. L'un d'eux et le plus remarquable, désigné sous le nom de *Mi-lou*, serait d'après Mollendorff le *Cervus (Elaphurus) Davidianus*, le fameux *Sse-pou-hsiang* du vulgaire, qui n'existe plus aujourd'hui que dans le parc impérial du *Nan-haï-tze*, au sud de Pékin. Une seconde espèce, appelée *Ki-lou* (1), serait, d'après les dictionnaires, l'*Hydropotes inermis*, commun au Kiang-nan et en Corée, à la même latitude que le Chan-toung. Il est vrai que les Chinois le confondent souvent avec le *Moschus moschiferus*, le chevrotin porte-musc, qui existe encore au Tcheli, bien que fort rare. Il y a cent ou cent cinquante ans, on trouvait aussi, aux environs de

(1) *Lou* désigne les cerfs en général.

Teng-tchéou-fou et de *Wouen-teng-hsien,* le *Cervus pygargus (Pao),* dont les jeunes cornes sont employées en médecine et jouissent d'une grande réputation.

Nous ne mentionnerons qu'à titre de curiosité le fameux *Lin,* sorte de licorne, cervidé fabuleux qui aurait été aperçu par Confucius. Ce grand philosophe, considérant son apparition comme un présage de malheur pour le pays, versa d'abondantes larmes à sa vue.

Ayant ainsi épuisé la liste des animaux disparus de la province, nous allons en étudier la faune actuelle.

§ III. Faune actuelle.

En parcourant les animaux de la province dans l'ordre des familles naturelles, nous rencontrons d'abord les mammifères sauvages, représentés par un loup *(Lupus chanko),* des chats sauvages *(Felis sinensis, F. decoloratus),* un chien sauvage *(Canis procyonoides),* des renards *(Canis vulpes* et *C. hoole),* la fouine chinoise *(Meles sinensis),* des putois *(Putorius Fontanieri* et *P. sibiricus),* la loutre chinoise *(Lutra sinensis),* une taupe *(Scaptochirus moschatus).* Parmi les rongeurs, nous en trouvons un que l'on confondrait facilement avec la taupe, dont il a les habitudes : c'est le *Siphneus psilurus.* A défaut du lapin, qui n'existe en Chine que dans les ports, à l'état domestique et importé d'Europe, nous avons un lièvre indigène, *Lepus sinensis,* petit animal à poil rude d'un brun jaune, avec un peu de blanc au-dessus et en arrière de l'œil ; les oreilles sont de la longueur de la tête. — MM. Dabry de Thiersant et L. Soubeyran se trompent grandement lorsqu'ils rééditent l'erreur de Porter Smith, qui prétend que le castor a existé autrefois au Chan-toung: nulle part en Chine on n'a trouvé de trace de cet animal. Le nom de la drogue *Wouen-nei-tchi,* que ces auteurs

traduisent par *Castoreum*, se trouve bien, il est vrai, mentionnée dans les Annales de la province ; mais il ne désigne pas autre chose qu'une médecine dégoûtante faite avec certaines parties du *Haï-Keou*, qui est le phoque et non le castor.

Le hérisson d'Europe est remplacé par le hérisson cendré, *Erinaceus dealbatus*. Les rats sont représentés par le rat d'Europe, importé par les navires, et par le *Mus humiliatus (Lao-shou)*, qui en 1639 envahit la préfecture de *Teng-tchéou*. En 1870, il y eut à Tchéfou une invasion de rats telle qu'on en tuait jusqu'à vingt par jour dans une seule maison. Nous ne savons à quelle espèce ils appartenaient ; probablement c'étaient des rats bruns, *Mus decumanus*, très communs au port de Tientsin.

Dans les champs, j'ai rencontré le hamster nain *(Cricetulus griseus)*, occupé à remplir ses bajoues de pois jaunes *(Dolichos soya)*, d'où les noms de rat des pois *(Téou-shou-erh)*, et de rat magasinier *(Tsang-shou-erh)*, que lui ont donné les agriculteurs dont il est le plus terrible ennemi. Par contre, je n'ai jamais trouvé notre souris.

Les écureuils sont rangés par les Chinois dans la catégorie des rats. Bien que fort communs au Tcheli, ils sont rares au Chan-toung, sans doute à cause de la disparition des bois. On m'a cependant apporté le joli petit écureuil noir, *Sciurus vulgaris* var. *nigra*, appelé vulgairement *Soung-shou* (rat des pins). Sa fourrure est très employée par les Chinois pour la confection de leurs grandes robes d'hiver.

Le sanglier du pays diffère du nôtre : c'est le *Sus leucomystax ;* il a presque disparu de la province. On le trouve rarement aux environs de Tchéfou, bien qu'il soit mentionné dans les Annales, sous le nom de cochon sauvage *(Yeh-tchou)*, comme faisant de grands dégâts à *Houang-hsien*. Le porc domestique ne ressemble pas au nôtre : il est toujours entièrement noir, son dos est creux, le ventre

traîne à terre, la tête est courte et fortement ridée, et sur le cou se dresse une crinière hérissée, formée de soies longues et très dures. Elles constituent un article de commerce avec l'Europe sous le nom anglais de *pig bristles*. Tchéfou en exporte chaque année une grande quantité à destination de Londres (1). La chair du porc constituant la majeure partie de l'alimentation du peuple, on rencontre ces animaux errant dans les rues des villes et des villages; ils se nourrissent de toutes les ordures qu'ils rencontrent, à l'instar des chiens de Constantinople. Comme espèce, le porc chinois se rapproche du porc de l'Inde, *Sus indica*.

Le soir, dans la campagne aussi bien que dans les villes, nous avons souvent observé le vol de plusieurs espèces de chauves-souris. Les Chinois, à l'encontre des Occidentaux, regardent ces animaux comme des messagers d'heureux présages; aussi trouve-t-on leur image brodée ou peinte sur les vêtements et cadeaux offerts aux jeunes mariés. On leur donne différents noms, dont les plus curieux sont : *Pien-fou,* équivalent de « porte-bonheur » ; *Yen-yeh,* hirondelle de nuit ; *Shien-shou,* souris-fée ; *Fei-shou,* rat volant, et *Tien-shou,* rat du ciel. En langage scientifique, c'est le *Vespertinus serotinus,* et peut-être deux ou trois espèces de *Vespertilio* ou *Vesperugo*.

Les mammifères marins sont assez communs sur les côtes de la province. On a souvent aperçu, près du cap Chan-toung, des baleines vivantes ou mortes; ces dernières étaient couvertes d'oiseaux de mer. M^gr^ Ridel, un des premiers missionnaires de la Corée, se trouvant en 1875 sur une jonque chinoise, non loin de Tchéfou, vit un banc épais de petits poissons fuyant devant une bande de baleines dont quelques-unes passèrent assez près de

(1) Voici les poids de soies de porc importées à Londres de Chine dans les années suivantes :

Années :	1887	1888	1889
Kilogrammes :	204 438	231 061	332 032.

son bateau pour qu'il pût apprécier leur dimension. Quelques-unes, m'assura-t-il, mesuraient de 60 à 70 pieds de longueur. Il me montra aussi un dessin fait par lui, dans une pagode de la côte voisine du Liao-toung, représentant une omoplate de baleine qu'il avait trouvée en ex-voto sur l'autel de la déesse *Kouane-yin*. Les missionnaires de Corée ont souvent vu des centaines de baleines dans le fond du golfe du Liao-toung, un peu au nord de Tchéfou. Les grands cétacés trouvent là un refuge assuré, car ni les Chinois ni les Coréens ne leur donnent la chasse, comme le font les Japonais. Ces eaux ne sont pas visitées par les baleiniers étrangers, parce que, étant relativement chaudes, les baleines qui y vivent n'ont que fort peu de graisse. Ces animaux appartiennent sans doute à l'espèce commune sur les côtes du Japon, *Balæna mysticetus,* var. *japonica*. Les pêcheurs du Chan-toung les désignent sous le nom de *King-yü*, et les Annales racontent qu'on en a souvent trouvé d'échouées sur la côte: les riverains les dépeçaient pour en manger la chair et convertir la graisse en huile. Lorsque l'expédition française alla guerroyer en Corée en 1866, M. Henri Jouan, chef d'état-major de l'escadre, remarqua que les arcs des Coréens de la côte ouest étaient en partie confectionnés avec des baleines fournies sans doute par les fanons de ces animaux (1).

Les Annales de *Yi-tchéou-fou* rapportent qu'on y trouve un poisson gros comme une montagne, appelé *Tchou-yü* (poisson-porc), qui peut avaler un petit bateau. Des indigènes m'ont aussi raconté qu'on avait trouvé une balle de coton dans l'estomac d'un de ces monstres. Il s'agit sans doute là de quelque espèce de requin. On en voit en effet assez fréquemment dans la rade de Tchéfou, et ils ont mis à mal plus d'un plongeur occupé à la pêche des holothu-

(1) *Aperçu sur l'histoire naturelle de la Corée,* par Henri Jouan, dans MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ DES SCIENCES NATURELLES ET MATHÉMATIQUES de CHERBOURG, 1869.

ries. Pendant mon séjour dans ce port, un de ces pauvres malheureux eut la moitié de la poitrine enlevée par un de ces terribles squales.

Les phoques descendent jusque sur les côtes de la province. Pendant l'hiver, on peut en voir de nombreux troupeaux sur les rochers, sous le phare du cap Chantoung, où j'en ai encore aperçu quelques-uns en juin 1874. On les trouve aussi, mais plus rarement, à Tchéfou ; ils y étaient communs en 1860, ce qui explique de nom d'*Ile aux phoques* donné par nos officiers de l'expédition de Chine au rocher qui porte sur les cartes anglaises le nom de *Double Rock Island*.

Bien que je n'aie observé que le phoque commun *(Phoca vitulina)*, les livres chinois décrivent quatre variétés de phocidés comme habitant les côtes du nord et surtout les rochers de l'île Alceste, en chinois *Haï-lou-tao* (île des ânes marins), et ceux de l'île Eddy, *Haï-niou-tao* (île des vaches marines), où l'on trouvait aussi des léopards de mer *(Haï-pao)*, probablement une otarie *(Otaria Gillespii?)* commune au Japon (1). C'est sans doute à cette espèce qu'il faut rapporter la Vache marine ou *Lamantin* dont parle Nieuhoff. Les livres chinois mentionnent encore la loutre de mer *Haï-t'a*, aujourd'hui disparue de ces rivages. Les peaux de loutre marine que l'on vend actuellement à Pékin y sont apportées de la Sibérie russe ou du Japon (2).

§ IV. Animaux domestiques.

Les animaux domestiques appartenant à la classe des mammifères que l'on trouve au Chan-toung sont les chevaux, ânes, mulets, chameaux, bœufs, moutons, chèvres, porcs, chiens et chats.

(1) Cfr Contemporary Review, déc. 1875, *Sea Lions*, by T. W. Clarke.

(2) Cfr Dr O. von Mollendorff. *Contributions to the Natural History of China*, dans Mitheilungen des deutsches Gesellschaft fur Natur und Volkerkunde Ostasias, Marz 1876, Yokohama.

Les chevaux appartiennent à trois races bien distinctes :

1° Le petit cheval mongol, solide, bien musclé, dont l'encolure courte est fournie d'une épaisse et lourde crinière. Coupée en brosse, cette crinière lui donne une ressemblance frappante avec les chevaux grecs représentés sur les vases antiques du Musée Campana. Élevé en liberté dans les plaines de la Mongolie, c'est une sorte de tarpan resté tel qu'il était il y a des siècles (1). A demi sauvages, ces chevaux sont vicieux et souvent dangereux, mais possèdent beaucoup de fonds bien que fort sobres. On les nourrit de paille de sorgho hachée et de féverolles cuites. Ils valent en moyenne de 150 à 200 francs à Tchinan-fou.

2° Les petits poneys du Sze-tchouen.

3° Une race plus grande et plus forte que les deux précédentes et qui est spéciale à la province.

Les mules du pays sont connues dans toute la Chine. Beaucoup plus grandes que l'âne et le cheval, elles sont aussi plus robustes et durent vingt à vingt-cinq ans en moyenne, comme bêtes de selle ou de trait. On en a exporté plus d'une centaine dans la Cochinchine française en 1861 et 1876. Elles y font le dur service de l'artillerie, et résistent seules là où toute espèce de chevaux périssent. Les beaux mulets servent de monture favorite aux mandarins qui les paient jusqu'à 1000 et 1400 francs pièce. On ne monte pas les mules.

Quoi qu'en disent MM. Dabry de Thiersant et L. Soubeyran (2), on ne trouve point d'ânes sauvages au Chantoung, pas plus d'ailleurs que dans les autres provinces. Les ânes sont employés dans l'alimentation à *Kiao-tchéou*. A *Toung-o-hsien*, la peau des ânes noirs, bouillie avec l'eau d'une source spéciale, soigneusement gardée sous clef par

(1) On sait qu'en 1889 les explorateurs russes, les frères Groum-Grjimaïlo, ont capturé des chevaux sauvages, véritables représentants du type primitif, près de Gachoun en Dzoungarie.

(2) *Matière médicale des Chinois.*

les mandarins, fournit une colle-forte renommée comme médicament dans le traitement des maladies de poitrine(1).

Le bœuf que l'on trouve au Chan-toung est un animal de petite taille, à cornes courtes, généralement de couleur jaune ou brune, d'où son nom vulgaire de *Houang-niou*, bœuf jaune. Comme il n'y a pas de pâturages, bœufs et vaches sont nourris à l'étable. Ils sont élevés pour la culture, jamais pour la boucherie. Les Chinois, considérant le bœuf comme l'auxiliaire indispensable de l'homme pour l'agriculture, regardent comme un crime de manger la chair de cet animal demi-sacré. En conséquence, on ne trait jamais les vaches et on ne connaît pas plus l'usage du beurre et du fromage que celui du lait. Dans les parties sud et sud-ouest, là où l'on cultive le riz, on rencontre plutôt le buffle, *Shoui-niou* (bœuf d'eau).

Les peaux, arrachées aux carcasses des animaux morts, sont employées pour fabriquer des cuirs de mauvaise qualité. On les tanne grossièrement en les passant tout humides sur l'ouverture d'un four dans lequel on produit une épaisse fumée en brûlant de la paille ou des herbes mouillées. Depuis quelques années, on les exporte sur les marchés de Londres et de Marseille, simplement séchées puis empoisonnées. Cette exportation augmente régulièrement.

Les pâturages manquant, les moutons sont rares ; ils viennent de Mongolie et appartiennent à la variété à grosse queue, *Ovis steatopyga*. Par contre, les chèvres se rencontrent fréquemment dans les districts montagneux. Nous avons eu souvent l'occasion d'en voir une variété à quatre cornes. Les peaux garnies de leur laine servent à faire des vêtements ou des tapis qu'on exporte en assez grande quantité en Europe. Quant à la laine, les Chinois ne la tissent pas ; le peu de drap qu'ils emploient leur vient de Russie sous le nom de *To-lo-ni*.

(1) Il est probable que cette fameuse source contient une matière analogue à la glairine, sinon la glairine elle-même, d'où son emploi spécial.

Nous avons aussi cité les chameaux. Ils appartiennent à l'espèce de Bactriane à double bosse, et viennent de Mongolie. On les rencontre quelquefois jusque dans les environs de Tchéfou, où ils apportent du sel, de la soude, ou du charbon de terre.

§ V. Oiseaux.

Les oiseaux de la province du Chan-toung ont été observés pour la première fois par M. R. Swinhoe, savant naturaliste anglais. Il a publié dans l'*Ibis*, en 1874, une liste de 104 oiseaux reconnus par lui à Tchéfou et dans les environs. De 1873 à 1877, nous avons nous-même collectionné à l'état vivant un assez grand nombre d'oiseaux dont une bonne partie furent étudiés en captivité. Ils ont tous été peints d'après nature, sous notre direction, par un artiste indigène très exact comme le sont toujours les Chinois. Pendant un séjour de deux ans et demi à Shanghaï (1877-1879), nous avons fait peindre au Muséum d'histoire naturelle de cette ville, dont nous avions la direction, tous les oiseaux du Chan-toung que nous n'avions pu étudier dans le pays. Cette collection d'aquarelles fut soumise en 1880 et 1881 à M. le B^{on} Frédéric Billaud et à M. l'abbé A. David, dont le beau livre sur les *Oiseaux de la Chine* n'avait pas encore paru. Grâce à l'extrême obligeance de ces deux savants, notre collection, qui se montait à 944 aquarelles, fut dûment classée et nommée. Nous l'avons depuis soigneusement revue, le livre de l'abbé David en main, et sauf deux ou trois espèces tout au plus restées douteuses, nous pouvons donner aujourd'hui un catalogue aussi complet que possible de 204 oiseaux de la province. Bien que la synonymie chinoise soit encore dans l'enfance, nous avons tenu à élucider, autant que faire se pouvait, les noms locaux de ces oiseaux que nous avions fait inscrire sur chaque aquarelle, sous la direction d'un bon lettré

indigène. Ces noms ont été ensuite comparés soigneusement avec ceux que mentionnent les divers livres chinois traitant de la question, et aussi avec ceux qui sont donnés par M. O. F. von Mollendorff dans la liste des 316 espèces d'oiseaux reconnus par lui comme existant dans la province voisine du Tcheli (1).

Le nombre total des oiseaux actuellement connus en Chine est de 813 (David en donne 807, Mollendorff en ajoute 5, et l'expédition de la Novarra 1). La province du Chan-toung en fournit donc à elle seule presque exactement le quart. Grâce à son climat particulier, extrêmement froid en hiver et presque tropical en été, on y trouve, suivant les saisons, un certain nombre d'oiseaux de Sibérie et de la région palæarctique d'une part (42), des tropiques, et même des Moluques et Philippines de l'autre (96). De novembre à février et mars, la Sibérie, (Oussouri et Amour) envoie au Chan-toung environ une quarantaine d'oiseaux originaires de ces pays, dont quelques-uns poussent même leurs migrations jusque dans l'Inde, aux Moluques et en Océanie. Tels sont, parmi ces derniers, le *Gallinago stenura,* grande bécassine que l'on trouve jusqu'à Timor et aux Andaman ; le *Phyllopneuste borealis,* qui descend des Kourilles à Java ; l'étourneau de Daourie *(Temenuchus dauricus),* qu'on observe en hiver jusqu'en Malaisie.

Par contre, la région indo-malaise envoie, pendant l'été, dans les provinces du nord de la Chine un nombre presque double (96) d'espèces tropicales, 88 des Moluques, 7 de Malaisie et 1 d'Australie.

Nous sommes en effet tout étonnés de trouver aux environs de Tchéfou sept espèces malaises, dont une de Nouvelle-Hollande, *Corvus torquatus;* une d'Australie, *Cypselus pacificus ;* une d'Océanie, *Turdus obscurus*, la grive pâle des îles Pelew. Les Moluques sont représentées par

(1) O. F. von Mollendorff, *The Vertebrata of the Province of Chili, with Notes on Chinese Nomenclature,* Shanghaï, 1877.

huit espèces, parmi lesquelles *Corydalla Gustavi*, aussi appelé *C. batchianensis* par Wallace, du nom de l'île où il fut découvert ; le merle de roche des Célèbes, *Monticola solitaria ;* le *Calamodyta orientalis,* des îles Lombock et Batchian. Nous avons encore trouvé à Tchéfou un bel oiseau bleu, reconnu d'après l'aquarelle pour être le Coucou de Mindanao, *Eudynamis mindanensis.* Il doit être ajouté, s'il n'y a pas d'erreur, au catalogue de l'abbé A. David, dans lequel il ne figure point, pas plus d'ailleurs que dans celui de Swinhoe. Nous serions donc le premier à avoir mentionné la présence en Chine de cette belle espèce des Philippines, qui y envoient cinq autres espèces, entre autres la pie grièche de Luçon, *Lanius lucionensis.* Celle-ci remonte jusqu'en Mandchourie, comme son congénère le *Pericrocotus cinereus,* retrouvé sur les bords de l'Amour avec le *Calamodyta orientalis* des îles Batchian, Morty et Célèbes. De toutes ces espèces, celle qui voyage le plus loin est évidemment le *Turdus obscurus* des îles Palaos : elle remonte jusque sur les bords du fleuve Amour.

L'Inde tropicale, l'Himalaya, la Birmanie et l'Indo-Chine sont représentées au Chan-toung par une vingtaine d'oiseaux originaires de ces pays ; quelques-uns vont même jusqu'en Sibérie et au Japon. Les espèces indiennes les plus intéressantes à retrouver à Tchéfou sont le martin-pêcheur du Bengale *(Alcedo bengalensis)* (1), le gobemouche des Andaman *(Butalis latirostris),* et l'hirondelle d'Antigues *(Hirundo gutturalis),* qui se trouve aussi à Java et aux Célèbes ; le pluvier du Népaul *(Ægialites placidus),* enfin la poule d'eau cendrée *(Gallicrex cristata)* et la huppe de Ceylan *(Upupa Ceylonensis).* On a ainsi la preuve que le Chan-toung voit passer sur son territoire, au moment des migrations, des oiseaux voyageant entre

(1) Ses plumes servent à confectionner des applications sur métal ressemblant à des émaux ; on les colle aussi sur les éventails ou écrans, et on les mélange aux broderies sur soie.

des points aussi éloignés que l'Australie, les îles Palaos et la Sibérie orientale.

Si nous examinons maintenant la distribution géographique dans le sens de la latitude, des oiseaux observés dans cette province, nous y trouverons la faune d'Europe représentée par un peu plus de cinquante espèces (52), s'étendant de l'Europe occidentale à la Sibérie orientale. Parmi les plus intéressantes, nous citerons l'aigle royal *(Aquila chrysaetos)*, que l'on rencontre jusque dans l'Amérique du Nord; l'autour vulgaire *(Astur palumbarius)*; le grand-duc *(Bubo maximus)*; le coucou vulgaire *(Cucullus canorus)*; l'alouette *(Alauda cantarella)*; le pinson d'Ardennes *(Fringilla montifringilla)*, trouvé jusqu'au Japon; la pie et la caille, la grande outarde, le héron, la bécasse, le cormoran, etc.

Le Japon envoie au Chan-toung une vingtaine d'espèces originaires de ce pays ; les plus intéressantes sont la buse japonaise *(Buteo japonicus)*, le *Ninox japonica*, l'engoulevent jotaka *(Caprimulgus jotaka)*, la pie-grièche à tête de bœuf *(Lanius bucephalus)*, que l'on trouve aussi en Sibérie orientale. Elle ne serait donc pas absolument japonaise, comme on l'a cru longtemps. Par contre, le *Cecropis japonica* est bien de ces îles, et il vient dans notre province, ainsi que la *Pitta nympha*, trouvée également en Corée; le *Parus minor*, le gros-bec masqué *(Eophona personata)*, l'étourneau cendré *(Sturnus cineraceus)*, et le *Porzana erythrothorax*.

L'Amérique septentrionale y envoie le goëland d'occident *(Larus occidentalis)* et l'aigle royal. Le balbuzard vulgaire *(Pandion haliaetus)* représente l'Amérique du Nord aussi bien que celle du Sud et l'Europe; tandis que le canard milouinan *(Fulix marila)* rappelle l'Amérique du Nord et l'Europe.

David compte 249 espèces d'oiseaux propres à la Chine, sur les 807 reconnues par lui. Il n'en énumère que 42 de spéciales à la Chine septentrionale. Or, sur les

204 espèces que nous avons trouvées au Chan-toung, 44, soit plus d'un cinquième, sont indigènes. On remarque surtout le pic mandarin *(Picus mandarinus)*, l'*Hypopicus poliopsis* des environs de Pékin; le martin-pêcheur à coiffe noire *(Entomobia pileata)*, le *Zosterops erythropleurus* du sud-ouest de la Chine. Le *Turdus chrysopleurus*, que Swinhoe décrivit comme espèce nouvelle en 1872, a été reconnu depuis, par le même naturaliste, comme ne différant pas du *Turdus pelios* de l'Oussouri. Par contre, la *Porzana (Coturnicops) exquisita*, sp. nov., décrite par le même auteur et figurée comme espèce nouvelle dans l'*Ibis*, 1875, pl. III, n'est pas mentionnée dans le catalogue de David. Nous le regrettons d'autant plus que c'est la seule espèce nouvelle que nous puissions indiquer comme découverte au Chan-toung. Le *Diomedea derogata*, grand albatros brun, décrit comme nouveau en juin 1873 par Swinhoe, d'après six individus mâles pris à Tchéfou, est considéré par MM. David et Oustalet comme ne différant pas du *Diomedea brachyura*, décrit en 1850 par Temminck et Schlegel dans leur *Fauna Japonica*.

Revenons à notre liste des espèces purement chinoises existant dans la province qui nous occupe; nous pouvons citer le merle de forêt de Pékin *(Monticola gularis)*, l'*Arundinax Davidianus* de Moupin (Chine occidentale); le *Parus commixtus (Parus minor* de Swinhoe, non mentionné par lui à Tchéfou); le *Corydalla sinensis;* la calandrelle de Pékin *(Calandrella* [*Alaudula*] *cheleensis);* l'*Emberiza elegantula ;* le petit verdier de la Chine *(Chlorospiza sinica);* le gros-bec de Chine *(Eophona melanura);* le bec-croisé chinois *(Loxia curvirostris* ou *albiventris);* la grande corneille indigène *(Corvus sinensis);* le geai du pays *(Garrulus sinensis);* le faisan à collier *(Phasianus torquatus)*, qui remplace là-bas le faisan de Colchide. Le *Turnix (Hemipodius) vicarius*, décrit par Swinhoe comme espèce nouvelle, fut reconnu par David

comme étant le *Turnix maculatus* des environs de Pékin. Terminons enfin cette liste d'oiseaux purement chinois en nommant l'huîtrier de Chine *(Hæmatopus osculans)*, la petite aigrette ou blongios chinois *(Ardetta sinensis)*; le râle mandarin *(Rallina mandarina)*; la jolie petite sarcelle de Chine ou canard mandarin *(Aix galericulata)*; le grand goëland *(Larus crassirostris)*.

Enfin on trouve en cage dans les mains de tous les Chinois, qui les promènent ainsi comme on promène chez nous un chien en laisse, plusieurs oiseaux chanteurs ou parleurs venant soit du nord, soit du sud, mais que nous n'avons pas rencontrés à l'état sauvage dans la province. Ce sont particulièrement : la grive de Chine, *Leucodioptron hoamy (Hoa-my*, sourcil fleuri), la calandre de Mongolie, *Melanocorypha mongolica;* le merle huppé de la Chine méridionale, *Acridotheres cristatellus*, en chinois *Pa-ko* (huit frères), parce que, dit David, il se montre toujours par bandes de huit individus.

Nous avons aussi souvent vu en cage le *Lanius schah*, le *Calliope kamtchatkatensis*, le *Zosterops erythropleurus*. Le Chinois sait nourrir en captivité certains gobe-mouches et des oiseaux carnivores, au moyen d'insectes ou de viande crue. Il emploie souvent aussi une sorte de pâtée, faite de graisse et de farine de pois, qui remplace fort bien la viande et les proies vivantes.

§ VI. Oiseaux domestiques.

Les oiseaux élevés au Chan-toung à l'état domestique sont, comme partout, les poules, les canards, les oies et les pigeons.

Nous avons pu remarquer plusieurs races de poules, savoir : la race de Shangaï, bien connue en Europe sous le nom de *Lang-Shan*, petit village des environs de cette ville. Une race curieuse est celle des poules dites à

poil, ainsi nommées parce que les plumes ressemblent à une fourrure soyeuse. On nous a souvent servi des poules dont la peau et même le périoste étaient noirs.

L'oie du pays est remarquable par sa grande taille et une excroissance énorme située à la base du bec. C'est l'*Anser cycnoïdes* ou *Sarkidiornis melanotos*, décrite par Buffon comme provenant de la côte de Guinée et trouvée aux Indes et en Chine par Sonnerat.

De temps immémorial, le cormoran a été domestiqué par les Chinois qui l'emploient à la pêche. Les anciens auteurs, entre autres Martini et Nieuhoff, parlent de la pêche au cormoran dans le Chan-toung occidental, sur le Grand-Canal. L'ouvrage de Nieuhoff donne même une assez bonne gravure représentant l'oiseau, sous le nom chinois de *Lao-wa* qu'il porte encore aujourd'hui. Ces oiseaux se trouvent à l'état sauvage sur les côtes du cap Chan-toung, où ils nichent dans les falaises.

§ VII. Catalogue chinois des oiseaux du pays.

Si nous ouvrons maintenant les livres chinois, entre autres les Annales de la province, nous y trouvons seulement vingt-sept oiseaux désignés comme habitant le pays. En voici la liste avec les noms chinois, qui s'appliquent à la famille ou à l'espèce et non à la variété, les ornithologistes indigènes n'ayant qu'une idée fort incomplète de la classification scientifique.

1. Ardea, *Kouâne*. Cet oiseau n'aurait que trois petits, dont l'un ne peut sortir de l'œuf que s'il entend gronder la foudre!

2. Anser cycnoïdes, *Yen*. Autrefois on se servait des oies sauvages comme de courriers.

3. Anser hyperboreus, *Tien-ngo* (oie céleste).

4. Aix galericulata, *Yuen-yang*. Les petits canards mandarins sont regardés comme l'emblème de la fidélité

conjugale. On a donne leur nom *Yuen-yang* à une sorte d'oreiller double en usage chez les jeunes mariés, auxquels on fait souvent présent d'une paire de ces jolis oiseaux.

5. Anas, *Fou*, ou vulgairement *Shoui-ya*. Les Chinois décrivent l'*Anas boschas*, le *Casarca rutila*, le *Querquedula crecca*, l'*Eunetta formosa*, le *Colymbus* et le *Podiceps*.

6. Larus, *Ngo*. Les goëlands sont distingués des oiseaux aquatiques plongeurs *(Shen-ya)* et représentés comme nageurs seulement. D'après leur description, nous reconnaissons facilement le *Larus ichthyaetus*, non mentionné par David et Swinhoe, mais que nous avons trouvé sur les rochers de l'île Alceste, en compagnie de *L. nivæus*, *L. canus*, *L. crassirostris* et *L. occidentalis*, dont les pêcheurs chinois récoltent les œufs en juin et juillet. Au même endroit, nous avons recueilli une tête de spatule, *Platalea leucorodia*, et des œufs de *Turtur rupicola*.

7. Phasianus, *Tchi* ou *Yeh-tchi*. C'est le *Phasianus torquatus*, si abondant aux environs de Tchéfou qu'on le paie seulement 50 centimes au marché. Les autres espèces, telles que le faisan doré, argenté, le faisan de Reeves, etc., n'ont été vus qu'en captivité.

8. Hirundo, *Yen* ou *Yuan-niao*. Les Chinois savent distinguer l'*Hirundo gutturalis* et le *Cecropis japonica*, qu'ils appellent hirondelles de maisons, des hirondelles de montagne ou sauvages, *Cypselus pacificus* et *C. apus*.

9. Oriolus Sinensis, *Yin*. Cet oiseau est très fréquemment cité dans les livres, et l'on compare un riche mariage à l'alliance du loriot et de l'hirondelle. Le *Pen-tsao* prétend que pendant l'hiver il se creuse une retraite dans la terre au bord des rivières et s'y enferme dans une sorte d'œuf fait d'argile agglutinée.

10. Pica caudata, *Tchueh*. Les habitants du Chantoung confondent sous ce nom générique le *Urocissa sinensis* et le *Cyanopolius cyaneus*.

11. Accipiter, *Ying*. Ce nom désigne plusieurs espèces de rapaces diurnes et nocturnes, dont les plus importants

et les plus communs sont le *Pandion haliaetus*, ou aigle pêcheur, *Yü-ying;* le *Milvus melanotis*, *Yao-ying;* le *Buteo japonicus;* l'*Astur cuculoides* et l'*Accipiter nisus*, notre épervier d'Europe. Nous avons aussi trouvé plusieurs faucons : *F. communis*, *F. regulus*, *F. tinnunulus*, et le remarquable faucon à pieds rouges de l'Amour, *F. (Erythropus) amurensis*, en chinois *Tching-ying*.

Parmi les rapaces nocturnes, nous pouvons citer, comme existant au Chan-toung, le vulgaire grand-duc, *Bubo maximus*, l'aigle à tête de chat *(Mao-t'eou-ying)* des Chinois, regardé comme un oiseau de bon augure, ainsi que la pie, qui est l'oiseau de la joie ou des cinq bonheurs. Nous avons donné à M. Swinhoe un charmant petit hibou qu'il décrivit dans l'*Ibis* sous le nom de *Scops sunia*. David et Oustalet ont démontré qu'il ne diffère en rien du *Scops stictonotus*. Les Annales mentionnent un chat-huant blanc qui répond au *Syrnium nivicola*, mais nous ne l'avons jamais vu. Il passe pour manger sa mère et est l'emblème de l'ingratitude filiale.

12. Columbidæ, *Tchiou*, *Pan-kou*. Ces deux noms représentent plutôt une famille qu'une espèce. Suivant le *Pen-tsao*, les roucoulements du *Turtur rupicola (Pan-tchiou)* indiquent au cultivateur qu'il est temps d'ouvrir ses sillons. Nous avons rencontré dans le pays trois tourterelles sauvages : *Turtur sinensis*, *T. humilis* et *T. risorius;* puis deux colombes : le biset de Chine, *Columba intermedia*, et *C. rupestris* de l'Inde. Le nom *Fei-nou*, esclaves volants, indique que les Chinois se sont servis des pigeons pour porter des nouvelles. A qui en douterait, nous citerons cette phrase des classiques : « Le pigeon voyageur porte les lettres. »

13. Corvidæ. Le caractère *Wou* (noir) s'applique à toute cette classe, qui est représentée dans la province par le corbeau à collier blanc, *Corvus torquatus*, remplacé à Tchéfou par le *C. sinensis*. Le Coracias des Alpes *(Fregilus graculus)* abonde dans la partie occidentale où il niche dans les falaises de loëss du Fleuve Jaune.

14. Milan à oreilles noires, *Yen*. *Milvus melanotis* est décrit comme un oiseau stupide dont le cri annonce le vent. On le trouve partout en abondance.

15. Fringillidæ, *Tchiao*. Ce terme s'applique à un grand nombre de petits oiseaux de la famille des pinsons, tarins et moineaux. Le moineau commun d'Europe est remplacé ici par le *Passer montanus*, tandis que notre vulgaire tarin y cède la place au *Chrysomitris spinus (Houang-tchiao,* moineau jaune), auquel les enfants s'amusent à apprendre mille petits tours.

A ce propos, nous ne pouvons passer sous silence le respect qu'ont les Chinois pour la vie de tous les oiseaux. Ils ne mangent pas de gibier. Par exception à leur douceur envers les animaux, ils ont la passion des combats de cailles, sur lesquels ils risquent de gros enjeux. A cet effet, ils gardent ces oiseaux dans un petit sac de toile à fond de bois.

16. Ardeidæ, *Tchio-tching*. La description chinoise s'applique exactement au héron blanc, *Herodias alba*. Nous avons aussi reconnu le *Gorsachius melanolophus* de l'Inde et le blongios chinois, *Ardetta sinensis*.

17. Sylvidæ, *Tsiao-liao*. Le plus remarquable des nombreux petits oiseaux décrits sous ce nom est l'*Orthotomus longicauda*, qu'on appelle aussi l'habile ouvrière, la bonne ménagère, etc. On considère son nid comme si petit qu'en parlant d'un objet de très petite dimension, on dit souvent là-bas : « Ce n'est pas plus gros qu'un nid de fauvette ouvrière dans le sourcil d'un moustique. »

18. Egretta garzetta, *Lou-chin*. Elle n'est pas mentionnée dans le catalogue de Swinhoe, et nous ne nous rappelons pas l'avoir vue, mais elle est commune au Tcheli, et existe sans doute dans l'ouest de la province et sur les lacs du sud-ouest.

19. Motacillidæ, *Tchi-ling*. Nous reconnaissons dans la description le hoche-queue du Baïkal, *Motacilla ocularis,* et la Bergeronnette printanière, *Budytes flavus,* puis

le *Limonodromus indicus*, que nous avons d'ailleurs tous vus aux environs de Tchéfou.

20. Columba, *Ko*, désigne les pigeons domestiques et le pigeon voyageur.

21. Coturnix communis, *Tchoune* ou *An-tchoune*, la caille, que l'on dit être une grenouille ou un poisson métamorphosé en oiseau.

22. Otis tarda, *Pao*. Suivant les Chinois, la femelle s'accouplerait avec tous les mâles des autres oiseaux. Elle est l'emblème de la prostituée; aussi appelle-t-on souvent vieille outarde, *Lao-pao*, une entremetteuse ou une patronne de lupanar.

23. Ciconia Boyciana, *Tchiou* ou vulgairement *Lao-Kouâne*. On la décrit comme un oiseau pêcheur. Nous l'avons vue en captivité chez les mandarins. Les os des pattes servent à faire des bâtonnets qui auraient la remarquable propriété de rendre inoffensifs les mets empoisonnés.

24. Scops stictonotus, *Hsiao* ou *Hsiao-fou*. J'ai essayé en vain d'élever cet oiseau en captivité; il a toujours refusé toute nourriture.

25. Gallinacés, *Ki*. Ce nom s'applique à tous les gallinacés et aux faisans, qu'on appelle *Yeh-ki*, poules sauvages.

26. Anserinés, *Ya*. On en décrit deux sortes : l'espèce sauvage et l'espèce domestique. Nous avons possédé dans notre volière, à Tchéfou, le cygne criard, *Cygnus musicus*, dont une paire avait été capturée au phare du cap Chantoung sur la lanterne duquel elle était venue s'abattre.

27. Enfin l'Anser cycnoïdes, aussi appelé *Sarkidiornis melanonotos*, *Ngo* ou *Kia-ngo*, termine la liste des oiseaux cités dans les Annales, et que nous avons tenu à donner telle qu'on la trouve dans cet ouvrage, comme spécimen de la science et de la synonymie chinoises.

§ VIII. Reptiles.

La classe des reptiles est assez pauvrement représentée. L'alligator chinois *(Alligator sinensis)*, que nous avons découvert sur le *Yang-tze-kiang*, n'a pas encore été trouvé dans cette province, où l'on découvrira peut-être un jour ses restes. Quelques noms géographiques semblent indiquer en effet qu'il a existé autrefois dans ce pays. Ainsi, dans l'archipel des îles *Miao-tao*, au nord-ouest de Tchéfou, nous trouvons l'île *To-ki* ou de l'alligator.

Nous avons recueilli un petit lézard gris ocellé, commun aux environs de Tchéfou : c'est l'*Eremias argus;* et un gecko *(Gecko japonicus* ou *G. Swinhoensis, G. sinensis)* commun dans les maisons.

Quant aux ophidiens, il en existe au moins trois espèces. Le plus commun est une grande couleuvre grise à ventre bleuâtre ; on remarque des teintes rouges des deux côtés du cou ; son nom scientifique est *Elaphis dione*. Elle est absolument inoffensive, ainsi que *E. sauromates* et *E. tæniurus*, que nous avons aussi trouvés. D'après le Rev. Williamson, il existerait à Tchéfou même une vipère dangereuse. Il cite le cas d'une dame qui aurait été fort malade à la suite d'une morsure de ce trigonocéphale. Malgré toutes nos recherches, nous n'avons jamais pu le trouver. C'est sans doute le *Halys Blomhoffii*, qui existe à Tientsin, est commun en Mongolie et au Japon, et descend jusqu'à Formose.

Les grenouilles sont nombreuses, et les Chinois mangent comme nous la *Rana esculenta*. Dans les collines existe une sorte de petite grenouille à ventre rouge marbré de noir et qui ressemble beaucoup au *Bombinator igneus*, bien que M. R. Swinhoe nous ait affirmé que c'est une autre espèce. J'ai encore trouvé le *Rana viridis marmorata*, une espèce nouvelle, la *Rana Plancyi*, et une petite rainette, *Hyla sinensis* (?).

Les crapauds sont moins communs et appartiennent à la variété japonaise du *Bufo vulgaris*. M. Collin de Plancy a découvert à Tchéfou une espèce nouvelle, le *Bufo Raddei* (1). Les Chinois les enferment dans une boîte avec de la farine et les forcent, en les tourmentant, à exsuder leur humeur visqueuse. La farine ainsi imprégnée est employée en médecine. — Nous n'avons jamais vu de salamandre terrestre ou aquatique.

On trouve plusieurs espèces de tortues dans les eaux douces de la province. La plus commune appartient à l'espèce à carapace molle ; elle atteint dans le Fleuve Jaune des dimensions considérables et devient alors sacrée aux yeux des sectateurs de Bouddha, qui considèrent comme une œuvre méritoire de la relâcher après avoir attaché à sa carapace une petite plaque de métal portant le nom du sauveteur et la date de l'opération. La petite espèce, *Trionyx perocellatus,* est employée dans l'alimentation et se trouve chaque jour sur le marché. La petite tortue de terre, *Emys sinensis,* si commune au sud du Chan-toung, n'a jamais été trouvée par nous à l'état sauvage dans le nord.

§ IX. Poissons.

Nous avons pu étudier et faire peindre d'après nature une cinquantaine d'espèces de poissons pris sur les côtes ou dans les rivières de la province. C'est peu de chose, étant donné le nombre très considérable de poissons actuellement connus en Chine, plus de 1200. Du temps de Lacépède (1789-1803), on n'en connaissait qu'une quarantaine d'espèces, et encore étaient-elles assez douteuses, ayant été décrites d'après des aquarelles plus ou moins exactes dues à des artistes indigènes de Canton ou de Macao (2). Nieuhoff, qui ne peut passer pour une autorité

(1) Cfr H. E. Sauvage, *Sur quelques batraciens de Chine*, dans Bulletin de la Société philomatique de Paris, 12 mai 1877.

(2) Cfr Osbeck, Voyage a la Chine, p. 107.

scientifique, disait que « le poisson *Xehoo* de la rivière safranée (Fleuve Jaune) est fort recherché des grands beuveurs ».

Le premier naturaliste qui se soit occupé sérieusement des poissons de la Chine du nord et les ait décrits d'après des individus conservés dans l'alcool est le savant russe Basilewski (1); puis vinrent Bleeker (2), G. Playfair (3), H. Jouan (4), enfin O. von Mollendorff, qui, dans son travail *The Vertebrata of the Province of Chili*, donne une liste de 28 espèces, la plupart avec leurs noms chinois.

Ainsi que le remarque fort bien le docteur anglais G. Playfair, qui étudia les poissons des environs de Taku en 1840 et 1841, la majorité des espèces fréquentant le golfe du Petchili appartiennent à des poissons de la baie du Bengale et des mers de l'Inde. Un grand nombre sont aussi communs aux mers du Japon. Ce fait s'explique facilement par les courants marins qui viennent du sud et remontent le long des côtes de Chine, où ils rencontrent une branche du Kuro-Siwo, le grand courant des mers du Japon.

Si nous examinons les poissons du Chan-toung d'après l'ordre des familles naturelles, nous trouvons les grands squales représentés par le requin japonais, *Carcharias japonicus*, que les pêcheurs appellent *Mao-téou-yü* (poisson à tête de chat) et les lettrés *Sha-yü* (poisson sable); puis par le squale marteau, *Sphyrna zygæna*. Les raies sont nombreuses, et nous avons vu pêcher la raie aigle, *Myliobates aquila*, la raie chinoise, *Raja sinensis*, les raies japonaises, *R. Kinojei*, *Pteroplatea japonica*, et la pastenaque de Malaisie, *Trygon (Himantura) walga*.

(1) Basilewski. ICHTHYOGRAPHIA CHINÆ BOREALIS. Moscou, 1852.

(2) Bleeker. *Description de quelques espèces de poissons nouvelles ou peu connues de la Chine*, dans NEDERLANDISCHE TIJDSCHRIFT ...

(3) Dr Georges Playfair. ANNALS AND MAGAZINE OF NATURAL HISTORY. Vol. 9, 1842, n° 58, June.

(4) H. Jouan. *Description de quelques poissons et de quelques oiseaux du nord de la Chine*, dans MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ DES SCIENCES NATURELLES ET MATHÉMATIQUES DE CHERBOURG, vol. XII, 1866.

L'ordre des chondrostéens est représenté par le grand esturgeon chinois, *Acipenser sinensis*, que l'on trouve dans le Fleuve Jaune et qui nous rappelle ce vers d'Ovide:

Tuque peregrinis Acipenser nobilis undis.

Les Chinois lui donnent respectivement le nom de *Yü-pan-yü*, poisson à plaques de jade, ou de *La-yü*, poisson-cire, ce dernier nom sans doute à cause de la couleur de sa chair. Aux embouchures des rivières, on trouve le *Percalabrax pœcilonotus* ou *P. japonicus*, ainsi que le *Labrax lu-yü*. Viennent ensuite deux poissons brillamment habillés, savoir : le *Pagrus cardinalis* et le *Sebastes marmoratus*. Le remarquable grondin, le *Trigla kumu*, est japonais, ainsi que le poisson ceinture *Taï-yü*, *Trichiurus japonicus*. La famille des thons (Scombéridés) nous offre encore deux espèces japonaises : *Scomber jamesaka* et *Cybium nipponicum*. Quelques espèces sont dangereuses à certaines époques, et plus d'un de nos marins en a fait à Tchéfou la cruelle expérience.

Les mers froides des côtes de Sibérie envoient un léger courant du nord dans le golfe du Petchili, et c'est sans doute à cette particularité que nous devons la présence d'un gade dans les eaux de Tchéfou. D'après le dessin colorié que nous en possédons, il diffère légèrement de la morue commune, *Gadus morrhua*. Il fournit aux Chinois une huile réputée en médecine. On l'appelle vulgairement le poisson à grosse tête du Chan-toung, *Chan-toung-ta-téou-yü*.

Un autre poisson fournissant de l'huile en abondance est le silure, *Silurus asotus*, qui mesure jusqu'à cinq pieds de longueur et habite le Fleuve Jaune.

Les poissons plats, plies et soles, sont nombreux sur les sables de la baie de Tchéfou ; nous en avons reconnu une dizaine d'espèces, dont la plus curieuse est une sole zébrée de bandes alternativement blanches et brunes, *Synaptura (Brachyurus) zebra*. Les Chinois considèrent ces poissons

comme incapables de nager seuls : il faut, disent-ils, qu'ils soient accolés deux à deux pour former un poisson complet.

Le *Harpodon nehereus*, que l'on sèche à Bombay pour l'importer ensuite en Chine sous le nom de *Bombay duck*, existe aussi à Tchéfou. Le poisson volant que l'on y voit fréquemment en été, est une variété d'*Exocœtus*, voisine du *E. brachycephalus* de Gunther.

Le cyprin doré, qui, comme l'on sait, est gris à l'état sauvage, se trouve dans toutes les rivières. Dans les temples, où on le cultive spécialement, on en a obtenu des variétés trop nombreuses pour être énumérées ; les plus importantes sont celles à gros yeux, dit cyprin télescope, *Cyprinus macrophthalmus*, et celle à quatre queues, *C. quadrilobatus*. Les carpes sont aussi fort communes ; on les vend vivantes sur le marché dans des baquets d'eau douce en compagnie de l'*Ophicephalus*, de la murène cendrée, *Murænesox cinereus*, ou de la murène chinoise, *M. sinensis*. Une curieuse superstition veut que les anguilles naissent de la transformation des cheveux ou des racines de saule. Les harengs et les aloses de Tchéfou sont célèbres et on les vend secs ou salés jusque dans les rues de Pékin. Les Européens enfument aussi quelquefois le hareng pour l'envoyer à Shanghaï sous le nom anglais de *Chefoo herrings* : c'est le *Clupea inermis* de Basilewski, tandis que l'alose, plus connue sous le nom cantonnais de *Sam-laï*, est le *Pellona elongata*.

En fait de poissons curieux, nous avons aussi eu l'occasion de voir à Tchéfou un hippocampe, *Hippocampus comes*, et un *Liparis*. Ce poisson possède une ventouse entre les nageoires ventrales, et se fixe sur les pierres, grâce à cet appendice. Les Chinois, dit-on, l'attachent par la queue et s'en servent pour capturer d'autres poissons auxquels il se colle.

Nous avons recueilli un petit poisson des plus extraordinaires, que M. Swinhoe a emporté au British Museum

où il a été reconnu pour le jeune du *Pelor japonicum*. Il était remarquable par la couleur de ses nageoires rouges et noires, qui lui ont fait donner par les Anglais le nom de *Butterfly fish*, poisson papillon. Citons encore le *Salanx sinensis*, sorte de poisson complètement transparent et que M. Vaillant croit être une forme larvaire, comme la bichique de La Réunion. En cuisant il devient blanc opaque, aussi les Chinois l'appellent *Mi-yü*, poisson riz.

Les habitants du cap Chan-toung sont presque tous pêcheurs, et leurs villages exhalent, en été, une puanteur insupportable à cause des grandes quantités de poisson qu'on y fait sécher au soleil et qu'on exporte de là dans toutes les provinces. Ils ne se contentent pas de sécher le poisson, mais ils font aussi subir cette préparation aux crevettes, holothuries, méduses, huîtres et moules. Les chiffres suivants donneront une idée de l'importance de ce commerce d'exportation :

Années :	1885	1886	1887	1888	1889
Poisson salé. . .	10 087 piculs(1)	9 214 pic.	13 248 pic.	21 303 pic.	25 399 pic.
Crevettes séchées.	6 870 „	9 481 „	18 143 „	15 423 „	14 656 „

Ces crevettes sont des espèces de grands palémons de mer, *Palæmon indicus* des naturalistes, que l'on vend toujours liés deux par deux, d'où leur nom de *Tui-hsia* (paire-crevettes).

Les poissons d'Europe sont peu communs en Chine ; la truite et le saumon y sont inconnus, sans doute à cause de la nature des eaux le plus souvent boueuses.

§ X. Insectes.

Le grand embranchement des arthropodes est largement représenté dans la province, et nous avons pu y récolter un certain nombre de lépidoptères, de coléoptères, d'hymé-

(1) Le picul vaut 60 kilogr. 40 gr.

noptères, de névroptères, de crustacés, etc. De tous les insectes les papillons étant les plus intéressants, grâce à leur parure éclatante ou à leurs usages industriels, nous étudierons d'abord ces brillants habitants de l'air. Les plus richement décorés sont, comme partout, les rhopalocères, divisés en *Papilionidæ, Nymphalidæ, Lycænidæ* et *Hesperidæ*. Parmi les papillons proprement dits *(Papilionidæ)*, nous avons capturé aux environs même de Tchéfou : le *Papilio xuthus,* le *P. pamnon* (?), le *P. eurypilus* (?). Le *P. machaon* et ses variétés nous rappellent la France ; quant au *P. dissimilis,* il est bien indigène. Nous retrouvons l'Europe représentée dans la tribu des *Pieridæ* par les *Pieris rapæ* et *P. napi ;* le Japon, par l'*Antocharis Thunbergii* et le *Colias simoda* avec sa variété albine. Par contre, nous avons le *Colias sinensis*. On rencontre de nombreuses argynnis et vanesses, parmi lesquelles nous pouvons citer l'*Argynnis Lysippe* et *A. nerippe*. Le *Vanessa C. aureum* et *V. Pyrameis cardui* nous parlent de notre pays. Nous avons pris aussi un *Apatura* que nous n'avons pu déterminer. Les *Satyrinæ* nous ont présenté le *Cœnonympha amaryllis* et le *Satyrus Menetriesi,* tandis qu'un *Lycæna* voisin du *L. argiolus* rappelle les *Lycænidæ*.

La grande tribu des hétérocères est largement représentée, surtout dans les *Sphingidæ*. Parmi ceux-ci nous retrouvons notre sombre tête de mort, *Acherontia atropos;* le *Sphinx convolvuli* fort commun, ainsi que le *Macroglossa stellatarum*. L'*Ampelophaga rubiginosa*, aussi nommé *Chærocampa*, est commun sous sa forme japonaise, *Ch. japonica,* ainsi que l'*Ambulyx Tatarinowii,* remarquable par ses ailes supérieures d'un gris laiteux et ses inférieures roses. Dans la famille des *Saturnidæ,* nous trouvons nos plus grands et surtout nos plus utiles papillons. Le plus brillant est l'*Actias selene*, d'un beau vert tendre, bordé de rose sur les ailes supérieures. Ces couleurs se ternissent malheureusement dans les collections. Moins richement ornés mais incomparablement plus utiles sont

l'*Attacus Pernyi*, ou ver à soie du chêne, et l'*A. cynthia vera*, qui vit sur l'ailante et donne aussi des cocons fournissant une soie grise des plus solides. Comme cela arrive souvent, le premier ne porte pas le nom du modeste religieux franciscain italien, Annibal Fantoni, qui, le premier, en 1851, l'envoya du Chan-toung en Europe, où il fut cependant décrit sous le nom de *Bombyx Fantoni*. L'on décora même le Père Fantoni de l'ordre des SS. Maurice et Lazare, pour avoir exposé à Turin, en 1856, des cocons, des papillons, des soies grèges et ouvrées de ce nouveau séricigène. Il en envoya aussi des cocons à la Société d'Acclimatation de Paris qui, pour l'en remercier, le nomma membre à vie. Cela n'empêcha pas l'abbé P. Perny, quelques années plus tard, d'importer ce séricigène comme nouveau, et Guérin Méneville de le baptiser *Saturnia Pernyi*, en 1869 (1). Or, il est probable qu'il a été envoyé en France dès 1662 par le jésuite d'Incarville. Dans un vieux livre latin, édité à Middelbourg, en 1662, par Jean Goedart, sous le titre de : METAMORPHOSIS ET HISTORIA NATURALIS INSECTORUM AUTORE *(sic)* JOANNE GOEDARTIO, *cum commentariis D. Joannis de Mey ecclesiastis*, nous trouvons, en effet, les lignes suivantes : « *Experimentum vigesimum quartum. Papilio in apposita tabula depictus Parisiis missus fuit ad authorem metamorphosis naturalis ob excellentem pulchritudinem ac ingentem magnitudinem qua indagaret. Deprehensus fuit in horto regio, traditusque nobilissimo D. Borelio, apud Galliæ regem illustriss. ord. Fœderati Belgii legato, qui eum huc transportari curavit.* »

Aucun nom n'est donné dans le texte, ni inscrit sous la gravure, mais elle représente parfaitement notre *Attacus*

(1) M. Constantin Skatchkoff, consul de Russie à Tien-tsin, en 1872-74, nous a affirmé que c'est d'après ses notes et sous sa dictée que M. Perny rédigea son premier article sur l'*A. Pernyi*, que M. Skatchkoff avait importé en Crimée en 1852. Il avait été décrit par Mackowski sous le nom de *Bombyx Constantini*.

Pernyi, qui, légitimement, devrait porter le nom de *A. Incarvillei*. Comme son proche parent, l'*A. yama-maï* du Japon, il vit sur le chêne. Au Chan-toung, on l'élève en liberté, d'où son nom de ver à soie sauvage *(Yeh-tsan)*, sur le *Quercus sinensis*. Il fournit une soie excellente qui, tissée en pièces, est bien connue sous le nom de pongée du Chan-toung, d'où l'on en exporte de grandes quantités, ainsi qu'on peut en juger par les chiffres suivants :

Années :	1885	1886	1887	1888	1889
Soie grège :	2 049 piculs	2 482 pic.	1 233 pic.	2 172 pic.	2 731 pic.
„ déchets :	5 230 „	8 554 „	8 343 „	6 488 „	8 325 „
Pongées :	2 507 „	3 108 „	2 829 „	2 211 „	2 766 „

Le *Saturnia cynthia* est moins cultivé. Le Dr Williamson nous parle d'un ver à soie qui vivrait sur le poivrier *(Xanthoxylum piperitum)* et donnerait une soie de couleur foncée inattaquable aux insectes. Je n'ai jamais pu le découvrir, et je suis à peu près certain que c'est l'*Attacus cynthia* qui, lorsqu'il est nourri sur le *Xanthoxylum*, donne cette soie noire (1).

Le ver à soie du mûrier, *Bombyx mori*, est, comme au temps de Marco-Polo, l'une des richesses de la province. On le trouve surtout dans les régions occidentales et centrales. Tchéfou est le port d'où l'on expédie une partie de ces soies ; l'autre va à Tientsin. On aura une idée de l'exportation des soies du mûrier par Tchéfou, grâce aux chiffres suivants :

Années :	1885	1886	1887	1888	1889
Soie grège :	1 313 piculs	1 377 pic.	1 232 pic.	1 424 pic.	2 471 pic.

Citons encore, pour en finir avec les papillons, un *Parnassia* vert ou *Nearea punica* vivant sur les jujubiers

(1) Dr Williamson. *Notes on the Productions chiefly Mineral of Shantung*, dans le Journal of the North China Branch of the Royal Asiatic Society Shanghaï. New series 7, December 1877, n° IV, pp. 64 et suiv.

et dont le cocon dur est souvent envahi par une mouche parasite. Un Ophideres, *O. salaminea*, nous rappelle celui de Madagascar *(O. imperator)*, tandis que le *Spirama retorta*, autre noctuidé, a un facies absolument chinois.

Les hémiptères sont très abondants. Nous avons recueilli 4 ou 5 espèces de cigales, savoir : *Cryptotympana repanda*, la plus grosse de toutes; *Platypleura repanda*, *Leptopsaltria quadrituberculata*, *Cosmopsaltria chlorogaster* (?); enfin la *Cicada sanguinea*, employée en médecine ainsi que les dépouilles des larves des précédentes. Les punaises des bois présentent de nombreuses et curieuses espèces ; nous citerons : l'*Erthesina fullo*, l'*Anoplocnemis phasianus*, l'*Eurydema rugosa*, le *Lygeus civilis*, rouge à taches noires (1). La punaise des lits n'a été rencontrée qu'une fois, mais il n'en est pas de même malheureusement des puces, poux et autres parasites humains.

Notre nèpe est remplacée par le *Belostoma indicum*, et un curieux insecte, l'*Homœogamia sinensis*, est, comme son nom l'indique, spécial à la Chine. On l'emploie aussi en médecine. — Les orthoptères pullulent, et l'on a eu souvent à déplorer des invasions de sauterelles. Les plus fameuses sont celles des années 991, 1176, 1310 et 1330. Nous en avons recueilli un certain nombre qui ont été reconnues par un savant espagnol, M. Bolivar. Voici les principales, par ordre de grandeur : l'*Acridium roseum*, l'*A. peregrinum*, puis l'*Acrida lineata* ou *nebulosa*, tantôt vert tantôt gris, suivant qu'on le rencontre dans l'herbe ou sur la terre ; le *Pachytylus marmoratus;* un *Decticus affinis sinensis*, mais peut-être nouveau ; le *Caloptenus femoratus;* le *Gampsocleis gratiosa*, que les Chinois pauvres gardent en cage en guise d'oiseau chanteur. Nous avons recueilli une forme jeune et très remarquable de *Bradyporida*, qui n'a malheureusement pas pu être déterminé.

(1) Nos hémiptères ont été déterminés par M. le Dr Signoret, à Paris.

Notre mante religieuse est remplacée par l'*Hierodula simulacrum*, notre grillon par le *Gryllus mitratus;* la courtilière est la même que celle d'Europe.

L'insecte à cire, *Coccus pela*, ou *Cicada (Flata) limbata*, vit au Chan-toung sur le *Ligustrum lucidum;* on en retire la cire d'insecte, en chinois *pai-la* ou *pe-la*, qui constitue un important article de commerce avec l'Europe.

Le vulgaire hanneton est inconnu; on trouve à sa place le *Polyphylla sinensis*, qui est d'ailleurs assez rare. Les autres coléoptères remarquables et dont nous devons les noms à MM. A. David et Fermaire, sont principalement des carabides, savoir : la brillante *Cicindela sinensis*, le riche *Coptolabrus smaragdinus*, les noirs *Scarites eurytus* et *Scarites dischromus;* le sombre et funèbre *Cyphogenia sepulchralis*. Les cétoines sont nombreuses; la plus grosse est la *Cetonia submarmorea*. Citons encore l'*Hypsosoma mongolicum*, le *Chlœnius biguttatus*, et quatre harpales, *H. corporosus*, *H. griseus*, *H. pastor* et *H. pallidipennis*.

La famille des scarabéides nous a fourni le *Copris molossus*, le *Xylotrupes dichotomus* qui est aussi au Japon, la *Cetonia marmorata* de la Chine centrale, qui forme une variété de l'espèce européenne et diffère de la *C. submarmorea* du Japon; la *Cetonia lazarista;* le *Glyciphana pilifera*, etc. Les élatérides nous ont donné le *Lacon binodulus* et le *Melanotus niger*, tandis que les ténébrionides sont représentés dans notre collection par l'*Akis sinensis* et l'*Anatolica pygmæa*.

Trois méloïdes employés en médecine par les Chinois ont été reconnus: *Mylabris Schonheri*, *M. daurica*, *Epicauta plumicornis*. Dans la famille des longicornes, nous citerons comme ayant été recueillis par nous sur les saules, les pauwlonia et autres arbres à bois mou : le *Callichroma Bungiusi*, *C. cyanicornis*, *C. ruficornis*, un *Melanauster*, le *Batocera Germari*, et le *Cyrtognathus paradoxus*.

Les névroptères présentent de nombreuses espèces ; nos spécimens mal conservés n'ont pu malheureusement être déterminés. Les Chinois, fort observateurs, emploient une méthode curieuse pour les capturer. Ils en attachent un par le corselet au bout d'un long et léger fil de soie fixé à l'extrémité d'un bâton. Une libellule libre se précipite et s'attache à la prisonnière, ce qui permet de la saisir facilement. Cette sorte de pêche à la libellule est fréquemment pratiquée par les enfants.

Les abeilles sont petites et paraissent être une variété de l'abeille européenne. J'avais souvent remarqué à la campagne, dans les murs en terre des maisons, des ouvertures en écumoire qui m'intriguèrent assez longtemps. Je finis par m'apercevoir que ces trous, percés dans une planche de bois, constituaient l'entrée de cavités ménagées dans l'épaisseur du mur et habitées par des abeilles. Ce dispositif ingénieux permet de soustraire facilement la ruche à l'atteinte des grands froids et en défend efficacement l'entrée aux ennemis naturels des abeilles, les crapauds, oiseaux ou gros insectes.

Les arachnides nous ont offert de gros scorpions dont les variétés sont spéciales à la Chine. Leur piqûre donne la fièvre pendant trois à quatre jours, mais est moins pénible que celle du grand cent-pieds chinois *(Scolopendra morsitans)*. Une fort belle Épeire, *E. picta* (?), tisse ses toiles de soie jaune dans les pins sur les collines. Ces toiles sont si solides que de petits oiseaux, voire des moineaux, s'y prennent quelquefois.

J'ai vu souvent un cent-pieds à pattes fort longues annelées de noir, le *Cermatia nobilis*. Il est inoffensif.

Si nous abandonnons le monde des insectes pour étudier celui des crustacés, nous trouverons dans les eaux douces du Chan-toung un crabe, l'*Eriocheir sinensis*, un palémon rose, *P. sinensis*, et un *Alphæus*. Les côtes n'ont pas de homards, mais on y pêche des crabes variés dont les plus

curieux sont *Matuta lunaris* (1), *Orythia mamillaris, Ocypoda* sp., *Lupa pelagica, Thalamita natator, Albunea symnista.*

Les pêcheurs apportent sur le marché de gros palémons, *Penæus indicus,* et de petites crevettes *(Hsia-mi)* que l'on sèche et dont on fait une sauce très réputée. Nous avons recueilli dans ce genre *Callianassa subterranea* et *Squilla oratoria* qui nous reportent à la Méditerranée.

§ XI. Mollusques.

Nous avons recueilli 90 espèces de mollusques conchifères dont nous devons les noms à l'amabilité de MM. Morlet et Fischer du Muséum de Paris.

Les espèces les plus communes sur les plages de sable fin sont les suivantes: *Arca crenata* (cultivée), *Cancellaria Spengleriana, Scalaria aurita, Nassa varicifera, Cardium papyraceum,* la légère et transparente *Anatina lanterna,* la *Cytherea zonalia ;* la Vénus du Japon, *Venus jedoensis,* le *Donax bicolor,* la *Mactra sulcatoria,* plusieurs tellines, et une espèce spéciale à Tchéfou, la *Fragilia yantaiensis* découverte par Debeaux en 1860 ; une grosse *Natica, N. duplicata,* dont le nid, en forme d'abat-jour de lampe d'étude, fait de sable agglutiné, a longtemps exercé l'imagination des savants qui l'ont pris pour une sorte de polype et l'ont tour à tour baptisé : *Flustra arenosa, Eschara lutosa* Pall., etc. (2).

Sur les rochers on trouve un grand nombre de gastéropodes dont les plus communs sont :

Buccinum undatum, Purpura tumulosa, un Murex spécial au nord de la Chine, *Murex talienwhanensis; Turbo creniferus, Monodonta labio, Trochus rugosus, Patella*

(1) Je l'ai retrouvé à la Réunion et à Madagascar.
(2) Cfr Linnean Transactions, vol. V, p. 230, pl. 10.

granostriata. La Corée est représentée par le *Siphonaria coreensis*.

Les huîtres sont communes et excellentes ; elles appartiennent à cinq ou six espèces, savoir : *Ostrea imbricata, O. hyotis, O. Chemnitzii, O. reniformis ;* enfin la plus grande de toutes, l'*O. talienwhanensis* de Crosse, qui atteint plus au sud sur le fond vaseux de Ningpo une longueur de plus de 50 centimètres, d'où son autre nom, *Ostrea gigas* de Thunberg. Les Chinois font une grande consommation de ce mollusque tant à l'état frais qu'à l'état sec. Dans le premier cas, on le vend sans sa coquille et dans de l'eau de mer, ce qui lui donne un aspect peu engageant.

Sur le fond vaseux de l'embouchure du Fleuve Jaune on récolte la *Natica Fortunei*, le *Sigaretus Lamarkianus*, le *Pecten squamosus*. Au cap Chan-toung nous avons récolté une jolie térébratule rose, *Terebratella frontalis*, assez rare et que nous n'avons trouvée que là.

Les eaux douces sont habitées par plusieurs espèces d'unio : *Unio Leai, Unio alata ;* on y récolte aussi *Paludina sinensis, P. quadrata, Cyrena fluminalis*(?), plusieurs espèces de corbicules dont *Corbicula consobrina*, et une lymnée très abondante suivant Debeaux. Le *Dipsas plicatus* y atteint d'énormes dimensions.

La nature granitique du Chan-toung oriental jointe à la sécheresse du climat et à l'absence de forêts font que les coquilles terrestres sont assez rares et fort petites. Nous avons recueilli dans les environs de Tchéfou une hélix blonde à demi transparente qui ne dépasse guère 1 1/2 à 2 centimètres de diamètre maximum, l'*Helix ravida*. Plus commun est l'*H. pyrozona* de Martens. On a trouvé à Tchi-nan-fou une hélix nouvelle, *H. Zenonis*, très proche de l'*H. tectum sinense* (1). M. O. De-

(1) Cfr *Notice sur les mollusques vivants observés dans le nord de la Chine*, par M. O. Debeaux, dans RECUEIL DE MÉMOIRES DE MÉDECINE, DE CHIRURGIE ET DE PHARMACIE MILITAIRES, 2e série, tome VI, 1861.

beaux a trouvé, à Tchéfou même, trois hélix nouvelles, savoir : *H. tchefouensis, H. yantaiensis, H. Frilleyi;* sur les îles, une *Pupa* et une *Rissoa* (1). Cet auteur compare la faune malacologique vivante de Tchéfou à la faune fossile des faluns de Léognat, des environs de Bordeaux, et de Sancals, des environs de Plaisance, Italie. Il cite treize espèces fossiles de ces faluns que l'on trouve actuellement vivantes à Tchéfou, ce sont les suivantes : *Cancellaria acutangula, Nassa reticulata, Natica glaucina, Sigaretus haliotideus, Murex Sowerbyi affinis, Pyrula Lainei,Ostrea longirostris, Cardium lævigatum, Mactra striatella, Lucina (leoninæ* aff.), *Donax triangularis, Solen vagina* et *Mytilus antiquorum.*

Comme à l'époque tertiaire, ces mollusques vivent actuellement dans les mêmes latitudes et dans des conditions équivalentes de température. Avec Debeaux nous nous demandons : « Comment se fait-il que des mollusques qui vivaient dans les mers tertiaires d'Europe aient pu échapper aux cataclysmes qui ont bouleversé le globe ? »

Parmi les échinides, nous mentionnerons *Salmacis Dussumieri, Strongylocentrotus tuberculatus* et *S. depressus.* Les astérides nous ont offert quatre espèces, dont *Asterias Forbesi* et *Cribella ornata.* Une fort belle espèce, de couleur bleue semée de points rouges *(Asteriscus),* n'a pu malheureusement être déterminée, pas plus qu'une élégante espèce gris clair, *Luidia tesselata* (?). Grube a aussi décrit une espèce nouvelle sous le nom de *Luidia chefuensis* (2).

Enfin nous fermerons ce chapitre en citant un bryozaire de l'espèce *Lepralia.*

Les acalèphes sont représentés à Tchéfou par plusieurs

(1) Cfr JAHRBUCH DER DEUTSCHEN MALAKOZOOLOGISCHEN GESELLSCHAFT FRANKFURT A/M, IX p. 48 et VIII pp. C33-43, pl. 1, fig. 8-10, et MALAKOZOOLOGISCHE BLAETTER (2) V, p. 172.

(2) *Notice malacologique sur quelques points du littoral chinois,* par M. O. Debeaux, dans JOURNAL DE CONCHYLIOLOGIE, Paris, 1863.

espèces de méduses, genre rhyzostome, atteignant souvent de grandes dimensions. Les Chinois les mangent à l'état frais ou séchées au soleil. Ils pêchent aussi l'holothurie, la font sécher ou la fument.

La *Sepia sinensis, Wu-tsei-yü* (voleur noir), leur fournit chaque année une abondante moisson. On la fait sécher au soleil sur les rochers du cap Chan-toung et on l'expédie en grande quantité dans toute la Chine sous le nom commercial anglais de *Dried cuttle fish*.

Bien que les coraux ne remontent point jusqu'à cette latitude, nous avons récolté sur des îles en face de Tchéfou quelques petits spécimens d'un *Caryophyllus* et de *Flustra*.

Les helminthes terrestres sont rares, grâce sans doute à l'habitude des Chinois de mettre toujours de l'arsenic dans leurs fumiers. Je n'ai presque jamais vu de lombrics terrestres au Chan-toung. Par contre, le lombric intestinal *(Ascaris lumbricoides)* est commun chez l'homme. Une filaire tue les chiens et les chevaux en pénétrant dans le cœur et les poumons. Nous en avons recueilli une dans un ruisseau, qui mesurait sept mètres de longueur et qui y avait été sans doute vomie par un chien. Grâce à Dieu, la *Filaria sanguinis hominis*, découverte à Amoy par le docteur Patrick Manson, ne semble pas exister au Chan-toung.

Quant aux infusoires et spongiaires qui terminent la nomenclature, nous n'avons pu les étudier et nous ignorons quelles sont les espèces qu'on peut rencontrer dans ce pays où il reste encore beaucoup à faire dans toutes les branches, mais surtout dans cette dernière.

A.-A. Fauvel,
ancien fonctionnaire
des douanes impériales chinoises.

LES BANTOUS

ESSAI DE LINGUISTIQUE ET D'ETHNOGRAPHIE AFRICAINES

Dans un article sur l'*Origine asiatique de la race noire* (1), nous avons essayé, l'an dernier, de lever un coin du voile qui dérobe encore aux yeux de l'érudition européenne les obscurs commencements des peuples de l'Afrique.

De ces recherches se dégageait, si nous ne nous faisons point trop grande illusion, cette conclusion un peu vague et générale, à défaut de solution précise, impossible à atteindre dans l'état présent de la science : Les Noirs occupent dans l'ethnographie des races humaines une position moins isolée que ne l'avait donné à penser une première vue d'ensemble jetée sur leurs mœurs, leur état social, leur conformation physique, si différents du reste de l'humanité. Aujourd'hui, l'on entrevoit la possibilité de rattacher ce rameau aberrant au tronc commun d'où sont issus tous les peuples, et même, — pourtant ce résultat spécial demeure plus problématique, — de marquer le

(1) *Revue des questions scientifiques*, avril 1891.

point précis de l'attache, et par suite la direction dans laquelle les Noirs ont divergé, après leur départ du séjour commun de l'humanité primitive.

Ce vaste et intéressant problème de la filiation des Nègres n'aboutira toutefois à une solution définitive que le jour où une enquête anthropologique suffisamment complète aura mis l'ethnologue en possession des éléments divers qui peuvent et doivent concourir à trouver cette solution.

Au reste, ne soyons pas surpris si de profondes obscurités entourent encore l'origine et l'ethnogénie des populations africaines. Il y a si peu de temps qu'elles viennent d'entrer dans les préoccupations scientifiques. Sans doute, ces dernières années ont vu se multiplier, d'une façon tout à fait extraordinaire, grâce aux explorateurs et aux missionnaires de toutes nations, nos connaissances et nos données sur les choses d'Afrique. Néanmoins, il faudra du temps pour coordonner tant d'éléments épars, concilier parfois des témoignages contradictoires, contrôler des assertions erronées, approfondir des aperçus superficiels. Que d'études, que d'années, que d'efforts soutenus n'a point exigés la connaissance acquise aujourd'hui de la parenté des peuples européens! Même après de si longues et de si patientes recherches, après de si nombreux travaux, qui oserait affirmer que cet arbre généalogique est définitivement dressé?

Si les progrès de l'ethnographie ont marché avec cette lenteur, et abouti à ces incertitudes pour des races aisément abordables, pour celles au milieu desquelles nous vivons, l'attente résignée à des solutions provisoires s'impose bien davantage quand il s'agit des races africaines.

Quoi qu'il en soit, il est utile d'établir de temps en temps le bilan des recherches déjà faites. De pareils travaux marquent souvent un nouveau point de départ, en faisant le triage de ce qui est définitivement acquis

d'avec les hypothèses qui ont besoin de confirmation ultérieure.

Le lecteur qui a bien voulu lire le travail que nous avons publié, il y a un an, à cette même place, aura pu constater que, pour la question d'origine des Noirs, nous avons fait appel surtout à l'anthropologie. Cette science reste, en somme, la meilleure auxiliaire de l'ethnographe. Pourtant, d'autres secours ne sont pas à dédaigner; la philologie, pourvu que l'on interprète, sans les outrer, les données qu'elle établit, peut fournir d'utiles renseignements. Il convient de la consulter.

C'est donc à une petite exploration linguistique de l'Afrique que nous convions le lecteur dans les pages qui vont suivre. Après avoir recueilli les données saillantes de la philologie africaine, nous essaierons d'en tirer les conclusions qu'elles comportent pour la question ethnogénique.

I

Notre intention n'est point de parler ici de toutes les langues de l'Afrique. Aussi bien pareil sujet entraînerait au delà des limites d'un article de revue; et d'ailleurs, pour la question d'origine qui nous préoccupe, il est superflu de le traiter dans ses proportions complètes.

En effet, les langues sémitiques parlées en Afrique, l'arabe en usage dans plusieurs régions du nord, de l'est et du centre, et l'éthiopien parlé en Abyssinie, ne doivent pas entrer en ligne de compte. Ce ne sont pas, à proprement parler, des idiomes africains : langues asiatiques par leur origine, elles n'ont rien de commun avec les divers langages répandus parmi les peuples nègres.

Nous pouvons aussi écarter l'égyptien, le berbère, et certains dialectes des Somalis et des Gallas, au sud de la Mer Rouge, en un mot les langues désignées sous le nom très défectueux, mais adopté faute de meilleur, de langues

hamitiques. Sans pouvoir marquer dans tous leurs détails les rapports des idiomes hamitiques avec ceux qu'on appelle sémitiques, il est permis cependant, avec M. Frédéric Müller, d'affirmer leur parenté (1). Conclusion que M. Maspero a établie d'une manière solide par une comparaison du système pronominal des deux familles (2). L'identité des racines et l'unité de procédé pour la formation du pluriel par l'adjonction d'une terminaison ont fait conclure légitimement à l'intime affinité des langues sémitiques et hamitiques.

On le voit, notre terrain d'opération se circonscrit par cette double élimination. Le nord et l'est de la grande île africaine jusqu'au sud du pays des Gallas peuvent demeurer en dehors de nos observations, et dans ce qui reste, nous allons opérer encore deux autres sélections.

La partie sud-ouest de l'Afrique, depuis la baie d'Algoa au sud-est, jusqu'à celle de Walvisch au sud-ouest, en d'autres termes tout le pays des Hottentots ou Bushmen parle un idiome très caractérisé. On n'a pas réussi jusqu'à présent à le rapprocher d'autres langages africains. Cela se conçoit : comme nous l'avons dit l'an dernier, les Hottentots que l'ethnographie a apparentés avec les Pygmées se distinguent nettement du reste des populations noires. Il y a plus : des indices multiples tracent la voie que les Bushmen ont suivie pour arriver du nord-nord-est de l'Afrique, d'où leurs traditions les font partir, dans leur domaine actuel. Encore une fois, pour ce qui concerne l'ethnographie générale de l'Afrique, les Hottentots et leur langue ne doivent pas nous arrêter davantage.

Les éliminations faites jusqu'à présent nous ramènent à la classification des langues africaines proposée en 1886, au congrès des orientalistes de Vienne, par le capitaine Th. Grimal de Guiraudon : « Dans l'état actuel de nos

(1) *Allgemeine Ethnographie*, 1873, p. 445.

(2) *Des Pronoms personnels en égyptien et dans les langues sémitiques.* Paris, 1872.

connaissances, il faut se contenter de classer les langues de l'Afrique en deux grands groupes. D'une part, nous trouvons un groupe de langues qui, toutes, sont reliées entre elles par un lien de parenté grammaticale très étroit, et que je désigne ici sous le nom générique de langues à préfixes, aucune autre dénomination ne me paraissant leur convenir mieux ; d'autre part, nous avons une série de langues isolées ou de familles de dialectes qui n'ont entre elles que peu ou point de parenté grammaticale, et que j'appellerai langues soudaniennes » (1).

Attachons-nous un instant à cette double catégorie de langues qui, pour M. Grimal de Guiraudon, constituent l'ensemble des idiomes africains.

Les langues soudaniennes sont répandues de l'est à l'ouest sur toute la zone qui a pour limites orientales la Mer Rouge et que borne à l'ouest l'Océan Atlantique. De hauteur très variable, puisque, d'une part, elle remonte jusqu'aux régions algériennes et que, de l'autre, elle s'arrête au sud du pays des Gallas, cette zone ne s'abaisse pourtant nulle part jusqu'à l'équateur.

Bien étudié et exploré à fond par des philologues de mérite, ce domaine linguistique comprend les dialectes nubiens si admirablement décrits dans la *Grammaire nubienne* de Richard Lepsius et dans la *Polyglotta africana* de Koelle. A la même catégorie appartiennent les idiomes du Sénégal, qu'ont fait surtout connaître les travaux du général Faidherbe, et celui des Puls, ce peuple mystérieux, qui, plus que d'autres, semble attester sa provenance asiatique.

On sait en effet qu'ils possèdent en propre, et non pas seulement dans des bribes recueillies par des rapports transitoires, bon nombre de traditions juives. Et chose

(1) *Verhandlungen der VII internationalen Orientalisten-Congresses. — Ægyptisch-Afrikanische Section*, pp. 68-69.

étrange, ces légendes s'arrêtent brusquement après la mort de Salomon. M. Grimal de Guiraudon en conclut que les Puls, aux premiers jours de leur histoire, ont dû vivre en contact avec les Juifs (1).

Si le peuple des Puls conserve le souvenir très perceptible d'une existence antérieure en Asie, il est le seul, parmi les races africaines parlant les langues que nous avons nommées soudaniennes, qui autorise pareille conclusion. Quant aux autres tribus chez lesquelles des dialectes soudaniens sont en usage, aucun lien ne les rattache les unes aux autres. Même, comme nous l'avons déjà dit, au point de vue linguistique ces peuplades demeurent isolées. Jusqu'à présent, on n'a découvert aucune affinité entre les langues soudaniennes.

Voilà pourquoi ces idiomes sont de moindre importance pour la solution du problème ethnologique. Nous avons dû les signaler uniquement pour indiquer les raisons qui nous obligent à en faire abstraction.

Il ne reste donc plus que les langues désignées tout à l'heure par M. Grimal de Guiraudon sous le nom de langues à préfixes. Aussi bien, ce sont elles que nous avons seules en vue dans ce travail, parce qu'elles fournissent les plus sûres données pour la question ethnique.

Ces langues à préfixes sont plus généralement connues sous la dénomination de langues bantoues. C'est M. Grimal de Guiraudon qui insiste pour faire adopter la désignation plus vague de langues à préfixes. Il pense, nous ne voyons trop pourquoi, que le nom de *bantou* convient seulement à un sous-groupe ; encore ce sous-groupe n'a-t-il à ses yeux qu'une importance considérablement diminuée. En somme, pure discussion de terminologie que nous n'avons point à examiner ici. Quel que soit le nom qu'adoptera un jour la philologie pour désigner les langues à préfixes de l'Afrique, un fait dominant demeurera, celui de

(1) *Loc. cit.*, pp. 87-89.

l'indiscutable unité originelle de ces idiomes. Au sens le plus strict du mot, le bantou constitue une famille linguistique, c'est-à-dire qu'une identité fondamentale et caractéristique, nettement définie, se fait jour au milieu même des variétés dialectales, malgré leur nombre considérable.

Nous préciserons tout à l'heure en quoi consiste cette structure fondamentale des idiomes bantous. Mais avant cela, il est nécessaire, pour mieux fixer les idées, de déterminer sur la carte de l'Afrique l'aire géographique de ces langues.

II

Le bantou est répandu en Afrique sur un immense espace de terrain qui comprend presque toute l'étendue du centre et de la partie méridionale du Continent noir.

On a vu tout à l'heure que les langues soudaniennes se maintiennent un peu au-dessus de la ligne de l'équateur, et qu'à l'ouest, depuis le 25^{e} degré de longitude est (Greenwich) jusqu'à l'Océan Atlantique, et au nord depuis le 23^{e} degré de latitude sud-équatoriale, c'est le hottentot qui domine. Si l'on excepte encore une petite enclave, celle des Masaï entre le lac Victoria et les monts Kenia et Kilima Njaro, tous les Africains, depuis l'équateur jusqu'à 20° au sud, c'est-à-dire depuis le Congo français jusqu'à la côte de Sofala, parlent bantou.

A noter encore, pour plus d'exactitude, dans quelles limites le bantou se prolonge au nord de l'équateur. Du côté de l'ouest, il remonte jusqu'à cinq degrés au nord, jusqu'aux Cameroons. A partir de ce point, il s'abaisse graduellement pour atteindre l'équateur près du Ruwenzori et descendre à deux degrés au-dessous chez les Pokomos à l'est.

Le lecteur belge constatera, non sans intérêt, que l'État indépendant du Congo tout entier rentre dans le domaine linguistique du bantou. Nos explorateurs, nos

missionnaires, nos commerçants ne peuvent rester complètement étrangers à des études qui ont pour but de faire connaître les idiomes de ces peuples nouveaux avec lesquels ils vont entrer en relations. On nous permettra de le dire en passant, ce n'est pas assez que dans un pays, où ils vont porter les bienfaits de la civilisation, les Européens introduisent leurs propres langues, quittes à se tirer d'affaire avec les indigènes au moyen d'interprètes. Jamais une influence sérieuse et durable ne se fondera si l'Européen n'arrive à un contact intime avec l'Africain. Or, ce contact est illusoire sans une langue commune, et ce serait une erreur grave de vouloir amener d'abord le Noir à s'assimiler nos langages.

Au congrès des Orientalistes de Vienne en 1886, un officier français que nous avons cité plusieurs fois déjà, M. le capitaine Grimal de Guiraudon, africaniste distingué, recommandait en termes pressants, aux gouvernements coloniaux, l'étude des idiomes indigènes (1). Sa longue expérience lui avait démontré combien la connaissance des langues du pays est indispensable à tout Européen occupant une fonction quelconque en Afrique.

Les missionnaires belges ont compris cette nécessité, et nous devons à l'un d'eux, le R. P. Cambier, de la Congrégation de Scheutveld, un premier essai sur la langue congolaise (2). Il nous y fournit quelques notions sur le dialecte bantou des Bangalas, ou plutôt sur la langue d'Ibôko, un des six idiomes en usage chez les Bangalas, et compris par les riverains du Congo, près de l'équateur et à deux degrés au-dessous. Le R. P. Cambier nous annonce, dans la préface de son ouvrage, qu'un de ses confrères, le R. P. Van Ronslé, prépare sur les mêmes langues africaines un « ouvrage beaucoup plus volumineux, mieux raisonné, plus scientifique et plus grammatical » (3).

(1) *Loc. cit.*, pp. 93-95.
(2) *Essai sur la langue congolaise.* Bruxelles, 1891.
(3) *Ibid.*, p. VI.

Jusqu'à présent les idiomes bantous de l'État indépendant du Congo ont été peu étudiés. Voici les seuls sur lesquels nous possédons actuellement des renseignements scientifiques. Outre la langue des Bangalas dont nous venons de parler, on connaît le groupe du *yanchi* et du *teke,* dialectes des peuplades qui se meuvent entre le lac Léopold II et le Stanley-Pool. A partir de ce dernier point jusqu'à Banana, sur la ligne des postes belges de Boma, Matadi, Vivi, Issanghila et Léopoldville, c'est le *bas-congolais* qui domine.

Nous ne connaissons rien des dialectes en usage sur la portion de l'État comprise entre deux degrés au nord et trois degrés au sud de l'équateur. Mais, à l'ouest du lac Tanganika, on signale un groupe assez caractérisé, le *nywema,* qui comprend deux dialectes : le *bamba,* chez les indigènes des stations de Kabambarre, Kouhoundi, Kibila, Moleko, etc., et le *kusu,* parlé dans la région qui s'étend à l'ouest de Nyangoué, entre le Congo et le Lomami.

Dans la même partie sud-orientale des possessions africaines de la Belgique, on rencontre le dialecte *guha;* puis, en traversant le Loualaba, pour remonter vers les sources du Lomami, on a affaire avec des gens parlant *rua.* La région la plus méridionale du Congo belge, aux environs de Mussumba et de Loungo, se sert du dialecte *lunda.*

Enfin, en quittant le domaine linguistique du *lunda* pour aller vers le nord-ouest jusqu'aux rives du Haut-Kassaï, nous arrivons aux stations de Loulouabourg et de Lousambo, dans le pays des Bohilas, des Balolas et des Bakouhas. C'était la région dévolue aux travaux, hélas ! si tôt arrêtés du regretté comte Ernest d'Ursel.

Voici maintenant une indication sommaire des sources auxquelles on peut se référer pour l'étude de ces idiomes du Congo belge. Pour le *teke* et le *yanchi,* il n'y avait jusqu'à ces dernières années que deux pages du livre de M. Cust

sur les langues de l'Afrique (1). Mais, dans son récent ouvrage, *Journey up the River Congo* (2), M. H. Johnston nous donne de courts, mais précieux vocabulaires de ces deux dialectes. Leur comparaison établit des divergences notables entre ces deux idiomes et aussi avec le reste des langues bantoues. Cependant, on a constaté, surtout pour le patois parlé à Bolobo, certaines caractéristiques du groupe *chwana*, qui est, comme on le sait, la langue des Be-chwanas de la Cafrérie. Il ne faut pas que cette constatation surprenne le lecteur. Ce ne sera point la dernière fois que nous aurons à faire pareille observation ; en Afrique, les dialectes les plus intimement apparentés ne sont pas toujours ceux des peuples que la carte marque les plus rapprochés.

Les idiomes du Bas-Congo sont connus depuis deux siècles par les Européens. En 1650 et 1659, un capucin italien, Hyacinthe Brusciotti, de Vetralla, publie deux ouvrages. Le premier est un catéchisme polyglotte, à l'usage de l'ancienne mission du Congo ; l'auteur l'a disposé en quatre colonnes : une pour le congolais, la seconde pour le portugais, les deux autres pour le latin et l'italien (3). L'autre travail est une grammaire intitulée : *Regulæ quædam pro difficillimi Congensium idiomatis faciliori captu ad grammaticæ normam redactæ*. Cet ouvrage est excellent, aussi M. H. Grattan Guinnes l'a-t-il naguère traduit en anglais.

Sur le même sujet, il convient de signaler un dictionnaire composé au XVIII^e^ siècle, en 1772, et qui est demeuré manuscrit. Ce travail a eu une fortune assez étrange ; les restes en sont aujourd'hui dispersés. Une partie, celle qui contient le vocabulaire français-congolais, est déposée au British Museum à Londres (mss. addit.

(1) *Sketch of the Modern Languages of Afrika*, 1883, pp. 409, 410.
(2) Pp. 446-63.
(3) J. Gay, *Bibliographie des ouvrages relatifs à l'Afrique et à l'Arabie*, pp. 230, 232.

n° 33779, fonds Grenville); l'autre, le dictionnaire congolais-français, a été retrouvée à Rome par le R. P. Duparquet (1). On assure que ce dictionnaire mérite à tous égards d'être publié (2). Espérons que, grâce à quelque Mécène, ce travail sortira au plus tôt des ténèbres des deux bibliothèques, où il se trouve enseveli.

On peut consulter aussi pour les idiomes du Bas-Congo le dictionnaire et la grammaire du missionnaire baptiste Bentley (3) et la grammaire fiote du R. P. Visseq, de la Congrégation du Saint-Esprit (4).

On le voit, il y a pour l'étude des dialectes du Bas-Congo des renseignements nombreux et de bon aloi. Il n'en est pas de même pour le *nywema*, le *guha* et le *rua*. Deux pages dans le livre de M. Cust (5), quelques autres de M. Lost (6), et quelques notes fugitives de certains explorateurs, comme Stanley (7) et Cameron (8), constituent, pour ces idiomes, la somme de nos informations.

Pour le *lunda*, on est mieux servi depuis 1890. M. H. A. Dias de Carvalho en a publié une méthode pratique (9); contribution d'une haute valeur pour la littérature de la philologie bantoue. En effet, si d'une part la phonétique du *lunda* témoigne d'une parenté intime avec les dialectes d'Angola et du Bas-Congo, de l'autre, on a découvert dans son vocabulaire bon nombre de termes qui sont propres aux dialectes que l'on entend parler près de la baie de Delagoa, à quinze degrés plus au sud. A noter aussi des infiltrations manifestes de *chwana*, que nous avons déjà constatées plus haut chez les Ba-tekes et les

(1) *Les Missions catholiques*, 1886, p. 400.
(2) Torrend, *A comparative Grammar of the South-African Bantu Languages*, p. xxv.
(3) *Dictionary and Grammar of the Kongo Language*, 1887.
(4) Paris, 1889.
(5) *Sketch of the Modern Languages of Afrika*, pp. 363, 371-72.
(6) *Polyglotta Afric. or.*, pp. 170-72.
(7) *Dark Continent.*
(8) *Across Africa.* Londres, 1877.
(9) *Methodo pratico para fallar a lingua da Lunda.* Lisbonne, 1890.

Ba-yanchis, à l'autre extrémité occidentale du Congo belge.

Enfin pour le *luba,* on consultera utilement les notes du Dr Büttner (1). Il y aurait cependant à les compléter, surtout pour arriver à établir plus sûrement les rapports de parenté linguistique déjà remarqués entre les tribus qui parlent le *luba* et les Ba-rotsés du Haut-Zambèze. Le *lunda,* dont nous venons de parler, rentrerait dans le même groupement. Voilà un intéressant sujet d'études pour les officiers belges du poste de Loulouabourg.

III

Nous avons insisté quelque peu sur les idiomes bantous du Congo belge, à cause de l'intérêt spécial que cette partie de leur domaine linguistique pouvait offrir à bon nombre de nos lecteurs. Il faut être plus bref sur les autres dialectes. Impossible en effet de citer seulement les 128 noms différents des langues bantoues relevés dans le dernier ouvrage qui vient de leur être consacré (2).

Ce chiffre est même porté au nombre de 168 idiomes et de 55 dialectes dans le recensement fait en 1883 par M. Robert Needham Cust. Il est vrai que le savant anglais est porté à multiplier les divergences linguistiques, et les groupements introduits par lui dans les idiomes bantous sont plutôt géographiques. De vrai, s'il a été possible de fixer les caractères qui distinguent très nettement les langues bantoues des autres, on n'a découvert jusqu'à présent aucun principe permettant de les classifier davantage entre elles. Tout au plus peut-on établir deux classes distinctes : l'une, que l'on a dénommée le groupe *kua,* et l'autre, désignée sous le nom de groupe Fernan-

(1) *Zeitschrift für afrikanische Sprachen,* 1889, pp. 220-33.
(2) Torrend, *op. cit.,* pp. XIX-XI.

dien. Une troisième classe, à défaut de règle distinctive générale, comprend le reste des langues bantoues, soit leur presque totalité.

Le groupe *kua* a une double extension, l'une au sud-est de l'Afrique, l'autre au nord-ouest. En effet, les dialectes du Be-chwana-land, des Ba-soutos, du Mozambique et des îles Comores d'une part, d'autre part ceux du Congo français sur l'Ogowe et près des Cameroons doivent être placés sur le même rang, au point de vue des affinités linguistiques.

Il ne nous déplaît point de constater que la découverte des caractères spéciaux, qui ont fait au *chwana* ou *kua* une place à part dans les idiomes bantous, est due aux travaux de deux missionnaires catholiques, les RR. PP. Temming et Torrend, de la mission du Zambèze. Le premier a publié en cette langue un catéchisme et des hymnes, le second a précisé d'une manière scientifique les lois du phonétisme du *chwana* dans sa *Grammaire comparée*, que nous avons déjà citée et à laquelle nous ferons encore de larges emprunts dans la suite de ce travail.

Sans s'en apercevoir peut-être, le lecteur vient de faire avec nous le tour de l'Afrique équatoriale et méridionale, à la recherche des langues bantoues. Il reste peu de chemin à parcourir pour achever cette revue.

Retournons un instant à l'ouest du continent noir, dans le Congo portugais. Il y a là les dialectes d'Angola. Ce sont les premiers idiomes bantous qui, au commencement du XVII^e^ siècle, furent connus des Européens. Avant cette époque, on ne possédait que quelques rares poésies du dialecte de Zanzibar, écrites en caractères arabes. Mais, au XVII^e^ siècle, les travaux des missionnaires, capucins et jésuites, à Angola, fournirent les premiers éléments pour l'étude des idiomes bantous. Ces essais, tout rudimentaires qu'ils puissent paraître, n'ont pas été reniés par l'érudition contemporaine, devenue pourtant si exigeante.

Maintes fois, on n'a rien trouvé de plus utile à faire que de réimprimer les anciens livres de ces premiers pionniers de la philologie africaine.

Voici quelques-uns de ces ouvrages portant sur les dialectes d'Angola. En 1642, le P. Antonio de Coucto, S. J., publiait un catéchisme en portugais et en dialecte d'Angola, composé par le P. Pacconio (1), de la même Compagnie. Au témoignage de Héli Chatelain (2) et du P. Torrend (3), cet ouvrage demeure, même aujourd'hui, l'un des meilleurs que nous possédions. Citons encore l'*Arte da lingua de Angola*, publié par le P. Pedro Diaz, S. J.; on fait encore grand cas de ce travail (4).

Au sud d'Angola, on parle *bihe* sur le Haut-Kwanza, et *herero* dans le Damaraland. Le *bihe* est une langue assez mélangée; par quelques côtés, il se rapproche de l'*herero*. Jadis on croyait ce dernier idiome très primitif: les recherches du P. Torrend favorisent peu cette manière de voir (5).

Si, du Damaraland, le voyageur se dirige à l'intérieur de l'Afrique vers l'est, il rencontrera le pays des Ba-tongas. Les dialectes en usage dans cette région forment un groupe auquel le plus récent des africanistes, le R. P. Torrend, accorde une prépondérance marquée pour l'étude des langues bantoues. Dans tous le cours de son ouvrage, il a pris les formes du *tonga* pour types fondamentaux, et il émet l'espoir qu'aucun de ceux qui se serviront de son livre ne mettra en doute le fait que le *tonga* du moyen Zambèze reproduit le plus fidèlement les traits caractéristiques du plus grand nombre des langues bantoues.

D'ailleurs, — nous citons toujours le P. Torrend (6), —

(1) Cet ouvrage a eu plusieurs éditions; celle de Rome (1661) est en latin et en dialecte d'Angola; celle de Lisbonne (1855) est très augmentée.
(2) *Grammatica elementar do Kimbundu*, p. xv.
(3) *Op. cit.*, p. xxv.
(4) *Ibid.*
(5) *Op. cit.*, pp. 28-30.
(6) *Ibid.*, pp. 1, 27.

ce résultat n'a rien qui doive surprendre. En effet, une double circonstance rend compte du caractère originel du bantou. Bon nombre d'ethnographes tiennent les Ba-tongas pour les plus purs représentants des Bantous ; ce peuple ayant échappé à tout asservissement, a réussi à se soustraire à des mélanges qui auraient altéré sa race. En outre, la position centrale des Ba-tongas, placés à peu près au milieu du domaine des idiomes bantous, explique les traits primitifs de leur langage.

Que faut-il penser de ce double argument ? A dire le vrai, ils ne concluent pas rigoureusement. Il y eut sans doute un temps où l'on admettait que race et langue se répondant, la pureté de l'une entraînait celle de l'autre ; mais ce principe tout à fait erroné n'est plus admis par personne aujourd'hui. Quant à la preuve tirée de la localisation centrale des Ba-tongas, elle n'aurait de valeur qu'au cas où l'indigénéité des Bantous en Afrique serait démontrée ; en outre, il y aurait à établir que les Ba-tongas ont constamment gardé, au cours des siècles, cette position centrale.

Faut-il cependant, parce que ces deux arguments ont une moindre valeur, contester aux linguistes le droit de prendre dans leurs travaux de philologie africaine comparée le *tonga* comme type fondamental ? M. Henry, professeur au Collège de France, a cru devoir aller jusqu'à cette prohibition (1); c'est le grand reproche que M. Henry adresse à l'œuvre du P. Torrend, celui d'avoir pris le *tonga* comme point de comparaison, et d'y avoir rapporté tous les idiomes bantous.

Cette critique ne nous paraît pas fondée. Si M. Henry ne pense point que l'on puisse à présent considérer aucune langue bantoue comme *standard language*, et regrette que le P. Torrend n'ait pas fait effort pour remonter au type préhistorique, il faut bien avouer que pareil *desideratum*,

(1) *Revue critique*, 1892, p. 22.

aisé à formuler, se présente comme pratiquement irréalisable. On n'a pas encore oublié ce que des tentatives de ce genre ont fait éclore, au début des études aryennes, de productions fantaisistes et bizarres. Assurément, on peut discuter, même contester le caractère primordial du *tonga;* mais on ne saurait en vouloir au philologue de reculer encore devant toute tentative de reconstruction de l'idiome souche des Bantous. En définitive, c'est aussi la conclusion de M. Henry, quand il décerne au P. Torrend « l'honneur d'avoir préparé et singulièrement facilité cette tâche à ses successeurs ».

Les Ma-tabeles, au nord des Ba-tongas, et au sud, les Cafres se servent d'idiomes intimement apparentés, le *tabele*, le *xosa* et le *zoulou*. Dans la même région, chez les Ba-soutos, on parle le *souto ;* mais ce dialecte se rapproche davantage du groupe *chwana*.

Sur la côte de Sofala, puis de là, en remontant au nord vers le lac Nyassa, dans les districts de Tété et de Senna, on rencontre un ensemble de langues qui forment groupe. C'est l'idiome que les Portugais appellent *kafreal de Senna ;* il est très répandu dans le sud-est de l'Afrique et jouit chez les indigènes d'un renom de priorité sur plusieurs autres dialectes. Un missionnaire protestant, John Rebman, rapporte en termes enthousiastes le charme que lui a causé l'étude du dialecte *senna*. C'était pour lui une fête perpétuelle, et dans les rapports philologiques que lui suggérait la comparaison avec d'autres idiomes africains, il voyait comme les divers rayons d'une lumière unique (1). On doit aussi à un vaillant missionnaire de la Compagnie de Jésus, le R. P. Victor Courtois, un excellent essai sur le dialecte de Tété (2).

On nous permettra de ne rien dire du groupe *sagara*, que parlent les tribus disséminées entre le lac Nyassa et les Masaï, pour arriver plus vite à Zanzibar et aux îles

(1) *Dictionary of the Kiniassa Language*, p. VII.
(2) *Elementos de Grammatica Tetense*. Mozambique, 1889.

voisines. Là on parle, sur une zone assez considérable, le *swahili*.

Le *swahili* est de tous les idiomes bantous l'un des plus importants. Il y a longtemps du reste que le Dr Krapf, un des premiers pionniers de la philologie africaine, et l'évêque anglican Steere ont pressenti ce rôle du *swahili*. M. Cust n'a pas hésité à appeler ce dialecte la *lingua franca* de l'Afrique orientale (1). En fait, il a rendu grand service aux explorateurs, et longtemps le *swahili* a été le principal instrument dans l'œuvre de la civilisation africaine.

Voici sur cet idiome quelques détails empruntés à un ouvrage récent, le *Dictionnaire français-swahili* du R. P. Sacleux, missionnaire au Zanguebar. « Le domaine du *swahili* s'étend depuis le pays *Somali* jusqu'au delà des Grands Lacs, sur toutes les routes des caravanes. Cette langue, avec quelques modifications, est même comprise dans l'archipel des Comores. A un certain endroit, elle traverse le continent africain, et on la retrouve sur le cours du Congo et sur la partie sud de la côte occidentale. »

Pour le P. Sacleux, le *swahili* comprend neuf dialectes ; le P. Torrend n'en compte que cinq. Il semble, en effet, que le P. Sacleux a trop étendu le domaine du *swahili*, comme jadis Rebman avait confondu le *senna* avec le *swahili*. Sans doute, le *swahili* sera plus ou moins compris aux Comores, puisque nous sommes en pays de langue bantoue ; mais, d'autre part, le dialecte des Comores appartient à un autre groupe, et au delà des Monts Kilima Njaro, le P. Torrend sépare nettement du groupe *swahili* les dialectes des indigènes qui vivent entre le pays des Masaï et la côte.

Nous venons d'énumérer les principaux dialectes bantous et d'indiquer sur la carte leur distribution géographique. Comme on a pu en juger, cette extension est

(1) *The Languages of Afrika*, p. 29.

considérable, elle occupe un espace de terrain qui dépasse la moitié de l'Europe. Néanmoins, on doit dire que, phonétiquement et philologiquement parlant, ces nombreux idiomes n'offrent pas entre eux de divergences plus essentielles que celles qui, en Europe, séparent par exemple l'italien de l'espagnol ou du portugais.

L'unité des langues bantoues est donc beaucoup plus intime que celle qui rapproche entre elles les diverses langues aryennes ou sémitiques. Elle ressemble davantage à la parenté qui, au sein des langues aryennes, a constitué les sous-groupes des idiomes germaniques ou des langues romanes.

Il faut maintenant donner une idée du mécanisme des langues bantoues et saisir sur le vif le principe d'unité qui les relie.

IV

Cette parenté des langues du centre et du sud de l'Afrique a été entrevue dès le commencement de ce siècle. En comparant l'idiome du Mozambique avec le vocabulaire cafre, Marsden et Tuckey avaient été frappés de rencontrer des analogies saisissantes, et conclu à un rapport d'origine entre les peuples habitant les côtes occidentales et les côtes orientales du Continent noir (1).

Toutefois, comme on le pense bien, la découverte du principe d'unification des langues de l'Afrique sud-équatoriale ne fut point l'œuvre du premier jour, ni le résultat atteint du coup par le premier linguiste qui se mit à l'étude des langues africaines.

Ce fut le D[r] Krapf, en 1845, qui entrevit clairement que la plupart des peuples de l'Afrique au sud de l'équateur, à l'exception des Hottentots et des Bushmen, appartiennent, au point de vue linguistique, à une seule et même

(1) Walckenaer, *Hist. génér. des voyages*, t. XIV, pp. 572-3.

famille. Il proposa d'appeler cette famille *zinjienne*, ou *nilotique*. Aucune de ces deux dénominations n'a prévalu. Elles font allusion à la parenté, que défendent certains ethnographes, des Bantous avec les anciens habitants du Zindj, Ζίγγιον, des géographes arabes et grecs, placé par eux entre le Haut-Nil et l'Océan.

Il était réservé au Dr Bleek de consacrer définitivement la théorie de l'unité des langues bantoues. Vingt ans après Krapf, en 1862, Bleek formulait les principales lois philologiques qui régissent les idiomes bantous, dans la *Grammaire comparée des langues du sud de l'Afrique*. Cet ouvrage devait renfermer quatre parties; malheureusement, la mort vint arrêter l'œuvre du Dr Bleek, qui demeura interrompue après la publication en 1869 de la première section de la seconde partie.

Ce fut le Dr Bleek qui popularisa et introduisit dans le vocabulaire scientifique le nom de *bantou*, ou plus exactement *ba-ntu*.

Il est universellement accepté aujourd'hui pour désigner l'une des principales familles des langues africaines. Nous avons entendu plus haut les réclamations de M. Grimal de Guiraudon contre cette dénomination des langues bantoues. Ces réserves sont, croyons-nous, toutes platoniques. Il en sera du terme *bantou* comme du terme *aryen*, contre lequel tout le monde proteste et que chacun emploie.

Ce mot est un terme africain dans sa forme du pluriel; le singulier en est *mu-ntu*. Ce pluriel *ba-ntu* veut dire « les personnes ». Avec quelques variantes phonétiques *(wantu, antu, watu, atu, wanhu, banu)*, qui n'ont qu'une irrégularité apparente, mais qui sont très régulières pour qui connaît le mécanisme des dialectes bantous, cette expression est employée, des rives du Zambèze à celles du Congo, dans toute l'Afrique méridionale et équatoriale.

On a dit parfois que les habitants de ces régions s'en servent comme d'une appellation ethnique et nationale, pour se distinguer des autres peuples.

Cela n'est pas suffisamment établi. En effet, les peuplades parlant bantou n'ont point de dénomination unique. Celle de *Ba-nsundu, Ba-sutu, Be-suto, Ba-suto, A-sutu* est assez répandue. D'autres tribus se traitent de *Mazimba* ou *Ma-rimba* (1).

Toutefois, le Dr Bleek fit plus que de grouper les idiomes bantous sous un nom commun. Il les classifia, reconnut les principaux préfixes, établit un certain nombre de lois phonétiques, et constata que la forme fondamentale du verbe se rencontre à l'impératif singulier. En un mot, Bleek fut le véritable initiateur de la philologie comparée africaine, le Bopp des langues bantoues, et c'est lui qui le premier donna cette formule, si souvent répétée depuis : les idiomes bantous diffèrent entre eux dans la proportion qui sépare les langues du groupe teutonique ou de la famille néo-latine.

Mais, on le comprend, même après Bleek il restait à glaner sur le vaste champ du bantou. Aussi bien ce domaine n'était pas, il y a trente ans, complètement exploré. C'est seulement depuis cette époque que les grandes expéditions en Afrique ont pris un nouvel essor. La connaissance du Continent noir, de ses peuples, de ses langues a bénéficié, depuis Bleek, d'un apport considérable d'éléments nouveaux. Tout cela appelait une mise en œuvre plus parfaite, d'autant plus que la mort avait brisé net, en pleine efflorescence, le travail du célèbre philologue.

Le R. P. Torrend, S. J., de la mission du Zambèze, semble avoir recueilli la succession scientifique du Dr Bleek. Après plusieurs années de séjour dans la colonie du Cap, où il s'est trouvé en contact avec des indigènes de différentes tribus, après de longues études et de minutieuses recherches dans les sources imprimées et les manuscrits inédits de Grahamstown, du Cap et de Londres, il vient

(1) Torrend, *op. cit.*, p. XVII.

de publier un grand ouvrage de philologie comparée sur les dialectes bantous. En voici le titre : *A Comparative Grammar of the South-African Bantu Languages*, comprising those of Zanzibar, Mozambique, the Zambezi, Kafirland, Benguela, Angola, the Congo, the Ogowe, the Cameroons, the Lake Region, etc. (1).

Le travail du P. Torrend a reçu le meilleur accueil dans le monde savant ; l'apparition de son livre a, suivant toute la force du mot, fait époque dans la philologie africaine. Assurément, on pourra contester quelques-unes des vues émises par l'auteur ; mais, comme ensemble, son œuvre restera longtemps l'ouvrage le plus important et le plus complet à consulter pour l'étude comparative des idiomes bantous. Il couronne dignement les essais de Krapf et de Bleek.

Nous lui emprunterons tout ce que nous avons à dire maintenant des caractères essentiels de la famille bantou.

La caractéristique universelle de toutes ces langues africaines est, nous l'avons dit plus haut, le principe d'accord grammatical par les *préfixes*. Dans les langues aryennes et sémitiques, ce sont généralement des suffixes qui s'ajoutent à la racine pour marquer le genre, le nombre, l'espèce du mot. Ainsi, en latin, la racine *mor* donnera *mor-s* « la mort », *mor-i-mur* « nous mourons », *mor-tuus* « mort ». L'allongement des mots, la modification du sens des thèmes se fait par l'adjonction d'un suffixe après la racine. Dans les langues bantoues, tous ces changements se déterminent par des préfixes, c'est-à-dire par des particules placées avant la racine.

Mais, ce n'est pas la seule différence qui sépare les langues africaines de nos idiomes. Dans ces derniers, les suffixes varient pour les diverses fonctions grammaticales à remplir et les nuances du sens à exprimer. En bantou,

(1) London, Kegan Paul, Trench, Trübner and C°., Limited, Paternoster House, Charing, Cross Road, 1891. Royal in-8°, pp. XLVIII-336, avec une carte.

le préfixe, une fois déterminé pour un substantif, demeure pour tous les autres mots, adjectifs, pronoms, verbes, qui modifient ce substantif ou sont en accord avec lui, avec cette seule différence qu'il y a un préfixe spécial pour le singulier et pour le pluriel, et que le préfixe affecte deux formes, l'une pleine, l'autre affaiblie.

Donnons un exemple. Le mot *-ana* veut dire « enfant »; or ce terme veut être construit avec le préfixe *mu;* la forme du pluriel pour le préfixe *mu* est *ba,* et le préfixe s'affaiblit au singulier en *u.* Cela posé, *mu-ana* veut dire « l'enfant », « les enfants » se traduira par *ba-ana. Mu-ana u-ako u-afua* signifie « votre enfant est mort », et la même phrase devient au pluriel : *ba-ana ba-ako ba-afua.*

L'usage a réglé l'emploi des différents préfixes pour les diverses catégories de termes. Voilà comment les grammairiens distinguent les préfixes formatifs en plusieurs classes, qu'ils ont pris l'habitude de désigner par le double préfixe du singulier et du pluriel. Il y a donc les classes *mu-ba, mu-mi, in-zin, li-ma, ci-zi, ka-tu, bu-ma, lu-zin, mu-ma, bu-zin,* etc.

Telle est la forme des préfixes bantous dans le dialecte tonga, considéré par le P. Torrend comme le type le plus parfait. On aurait tort de croire que ces préfixes gardent une physionomie absolument invariable dans les deux cents dialectes bantous. Ainsi, la liste que nous venons de dresser devient chez les Bangalas à Nouvelle-Anvers (Mpoembou) : *mo-ba, mo-mi, n-n (m), i-ma, e-bi, bo-ma, lo-n* (1). A première vue, ces divergences paraissent très accentuées, et la route de *lu-zin* à *lo-n* semble encore plus longue que d'*alfana* à *equus.* Il n'est pas malaisé pourtant de tracer des étapes sûres, grâce aux éléments de comparaison fournis par l'ouvrage du P. Torrend (2). Malgré

(1) Cambier, *Essai sur la langue congolaise,* p. 11.
(2) *Op. cit.,* pp. 104, 105.

l'aridité de cet exposé, le lecteur doit nous permettre d'esquisser la démonstration de l'identité des préfixes *lu-zin* et *lo-n*. Faute de ce faire, nous nous exposerions au soupçon de forger des analogies de fantaisie.

De *lu* à *lo* la distance est aisée à franchir ; du reste l'intermédiaire *li* facilite le passage, et dans le tableau que le P. Torrend nous donne des formes de ce préfixe, la forme *lo* se retrouve dans six dialectes autres que le *bangala*. Le Fernandien emploie concurremment *lu* et *lo*. Mais, c'est de *zin* à *n* que la route paraît moins vraisemblable. Pourtant, si l'on songe que le bantou perd facilement le *z* au commencement d'une syllabe et que *in* se réduit volontiers à *n*, on ne s'étonnera plus que *zin* mène à *n*, qui est, de fait, en usage dans neuf autres idiomes bantous, outre le *bangala*.

Cette formation par les préfixes est si particulière aux dialectes bantous qu'ils l'appliquent même aux mots étrangers qui se sont implantés dans leur vocabulaire. Ainsi les Filyams, peuplade du Congo français, habitant sur la rive gauche de la Cazamance, ont entendu prononcer par les Portugais le mot *camisa* « chemise ». Sur leurs lèvres, ce terme s'est modifié en *kamisha*, puis ayant cru reconnaître dans *ka* un de leurs préfixes, qui au pluriel devient *u*, ils ont appliqué au terme portugais la règle d'accord des préfixes ; et le pluriel de *ka-misha* est *u-misha*.

Voilà donc le principe fondamental qui préside à la formation des idiomes bantous, à savoir l'accord grammatical des préfixes. Jusqu'à présent, il avait presque exclusivement attiré l'attention de ceux qui se sont occupés de ce groupe de langues africaines. Toutefois, si c'est là un trait essentiel et distinctif, ce n'est pas le seul ; on peut en établir d'autres que du reste le P. Torrend n'a point manqué de signaler dans son livre (1).

Voici les principaux. Le bantou n'aime pas les mono-

(1) Pp. 8-13.

syllabes, et pour les éviter il ajoutera des préfixes, qui n'ont d'autre rôle que d'augmenter la longueur d'un mot trop court. C'est pourquoi on a *bona* « vois », sans préfixe, mais *ku-la* « mange », parce que le thème *la* n'a qu'une syllabe.

Une autre loi phonétique du bantou porte sur l'influence de nasales. Ainsi, *li-zuba* « le soleil » devient, par l'action de *n* copulatif, *ndi-zuba* « c'est le soleil », et non point *nli-zuba*.

Pour être moins apparentes à première vue, ces deux lois s'appliquent aussi rigoureusement que le principe d'accord des préfixes. Certaines anomalies qui déroutent, faute de tenir compte de cette double action, s'expliquent et se reproduisent avec une parfaite régularité.

Il peut se faire que l'application du triple principe, dont nous venons de parler, entraîne dans un même mot des effets contradictoires. Même en ce cas, le bantou suit une règle inflexible : le principe d'accord cède le pas à la loi des nasales, mais l'antimonosyllabisme prime les deux autres principes. Aussi, le P. Torrend a-t-il pu faire la remarque que son ouvrage n'est, en majeure partie, que le développement de ces lois, et que la plupart des irrégularités signalées sont le résultat de leur collision (1).

Sans doute, la comparaison rationnelle des éléments fondamentaux des idiomes bantous fournit un secours précieux pour quiconque veut se familiariser avec des langues si différentes des nôtres. C'est beaucoup de connaître les préfixes, et d'avoir remarqué leurs diverses transformations de tribu à tribu ; car, en somme, il n'y a, pour un nombre considérable d'idiomes, qu'une seule grammaire à étudier. Est-ce à dire que cette méthode comparative supprime du coup toutes les difficultés pratiques et dispense de l'étude particulière du dialecte dont on doit faire usage? D'aucune façon ; si le philologue, qui

(1) *Op. cit.*, p. 300.

se contente d'avoir une idée des idiomes bantous, peut se borner à apprendre le mécanisme général de la grammaire et les principes essentiels de la phonétique, celui qui désire se mettre en contact avec les indigènes par l'emploi de leur propre langue ne doit pas perdre de vue qu'à côté de la grammaire générale il y a le vocabulaire. « Tous les peuples du Congo, comme tous ceux de l'Afrique, dit fort à propos le R. P. Cambier, ont le même système de langue, la langue *préfixale;* mais chaque tribu a son dialecte, différent de celui des autres tribus » (1).

Il n'est pas inutile de faire remarquer, en ce qui concerne les caractères spéciaux des langues bantoues, que la phonétique ne peut pas perdre de vue certaines conditions extrinsèques qui modifient singulièrement les lois générales de l'appareil phonique. On sait combien les peuples d'Afrique aiment à se charger le nez et les lèvres d'ornements, surtout d'anneaux de cuivre. Un très grand nombre d'indigènes pratiquent en outre certaines mutilations. Ils s'arrachent des dents, surtout les incisives, qui ont une influence si marquée sur la prononciation. De plus, ces mutilations ne sont pas uniformes, elles affectent des dispositions particulières dans les différentes peuplades. On conçoit aisément que pareilles pratiques introduisent des changements appréciables dans l'émission des sons. Ce curieux détail de la phonétique bantoue n'a point échappé au P. Torrend, et c'est par ce côté encore que son ouvrage l'emporte en originalité et en perfection sur l'œuvre de ses précurseurs.

Pour achever de donner une idée des idiomes bantous, il nous reste à parler du fonds même de la langue. Jusqu'ici, en effet, nous sommes restés à la surface. Quoique relativement perfectionnées dans leur mécanisme, les langues bantoues accusent une psychologie

(1) *Op. cit.*, p. v.

rudimentaire. L'onomatopée est fréquente (1); le redoublement des syllabes, cette caractéristique du langage enfantin, tient aussi une large place. Signalons en particulier le redoublement employé pour former des superlatifs (2) et des verbes à signification intensive (3). Le bantou n'a pas à proprement parler de pronoms relatifs; ceux-ci sont confondus avec les pronoms démonstratifs, et une phrase comme celle-ci : « Où est le cheval dont on parle? » revient à cette autre : « Où est le cheval celui ils parlent de lui (4)? » En général, l'emploi des pronoms donne lieu à des constructions extrêmement primitives, et dont le pléonasme fait tous les frais (5). Les auxiliaires jouent un grand rôle dans la conjugaison. Ce que nous exprimons par des conjonctions indépendantes du verbe, les Bantous le rendent par divers préfixes accolés à la racine. Pour ne donner qu'un exemple, il y a en cafre six auxiliaires pour l'impératif, sans compter des préfixes du même genre pour indiquer le mouvement, la négation, la durée, le passé, l'arrêt dans un lieu, la condition, etc.

Une des notes distinctives du bantou, comme de la plupart des langues africaines, c'est la prédominance des expressions concrètes. Aussi le geste complète-t-il souvent le mot. Quand il voudra dire : « Il a perdu un œil », le Bantou dira : « Cet œil de lui est mort », et la main désignera successivement la personne dont il s'agit et l'organe qu'il veut désigner. De même, pour indiquer la distance entre deux endroits déterminés, le bantou ne parle point d'heures ni de lieues, mais montrant le soleil, il vous dira : « Si vous partez quand le soleil est là, vous arriverez quand le soleil sera là. » Et deux gestes signaleront deux points du ciel.

(1) Torrend, *op. cit.*, p. 139.
(2) *Ibid.*, p. 151.
(3) *Ibid.*, p. 279.
(4) *Ibid.*, p. 181.
(5) *Ibid.*, p. 232.

Les nombres sont également exprimés au moyen des doigts de la main ; pourtant on fait aussi usage de termes propres.

Nous venons de donner une idée sommaire des langues bantoues et de leur diffusion sur le continent africain. Il faut essayer maintenant de résoudre les problèmes ethnologiques que soulève l'existence de cette langue commune, répandue sur une si grande étendue de l'Afrique.

V

La première conclusion qui ressort du fait même de l'existence des idiomes bantous et du mode de leur répartition est l'existence d'un peuple qui a introduit la langue dite bantoue.

Quel était ce peuple ? Est-il possible de désigner ses descendants dans quelqu'une des tribus nombreuses qui aujourd'hui font usage du bantou ? D'où venait-il ?

Avant de répondre à ces questions, il convient d'observer que si l'unité linguistique est établie pour une grande partie de l'Afrique, on n'en peut dire autant de l'homogénéité ethnologique. Ainsi, les Nègres qui parlent bantou au Congo sont bien différents des Cafres.

D'autre part, il faut se rappeler ce fait curieux que les Bantous du centre sont moins rapprochés au point de vue philologique de ceux de l'est et de l'ouest que ces derniers le sont entre eux.

En troisième lieu, il est remarquable qu'à l'extrémité sud-occidentale du Continent noir sont relégués les Hottentots et les Buschmen, n'ayant, ni ethnologiquement, ni linguistiquement parlant, aucun rapport avec les Bantous.

Il s'ensuit que le bantou était parlé par une race conquérante qui envahit un jour l'Afrique centrale et orientale, et qui réussit à implanter sa langue. En outre, puisque l'on constate des affinités plus intimes entre les

dialectes de l'Ogowé, du Kilima Njaro, du Mozambique, des Comores, des Ba-soutos et des Be-chwanas, on peut croire que le point de départ des langues bantoues doit se placer quelque part au sud du pays des Gallas, d'où un double courant a dérivé, l'un vers l'ouest pour aboutir à l'Ogowé et au cap Lopez; l'autre, après avoir occupé le Mozambique et les Comores, est descendu sur la côte de Sofala pour remonter le Limpopo.

Cette conjecture se fortifie d'un double argument. Si l'on interroge les traditions de quelques peuples bantous, les Cafres, par exemple, on retrouve certains indices, obscurs il est vrai, qui les montrent originaires du nord-est (1). N'est-il pas étrange aussi que les caractères physiques de beaucoup de Bantous trouvent leurs similaires moins autour d'eux dans l'Afrique australe que dans les régions plus septentrionales? Les Zoulous et les Ba-soutos ressemblent d'une manière frappante aux Bedjas d'Abyssinie (2).

Enfin, les Hottentots se trouvant acculés en Afrique aussi loin que possible, on échappe difficilement à cette conclusion que les Hottentots ont précédé en Afrique le peuple parlant le bantou. D'ailleurs, la tradition des Cafres est formelle à cet égard : ils savent qu'ils ont gagné leur territoire actuel sur les Koinkoins ou Bushmen.

Il n'est peut-être pas trop téméraire de voir des créations de Bantous dans ces grands empires du centre africain dont le souvenir nous a été conservé et dont quelques-uns survivent, comme ceux de Cazembi et de Muata-Yanvo.

On a aussi considéré comme les traces de l'ancienne puissance des Bantous les ruines découvertes naguère dans l'Afrique orientale, à Kalahari (3) et à Zimbabye (4),

(1) Girard de Rialle, *Les Peuples de l'Afrique et de l'Amérique*, pp. 74, 76.
(2) Virchow, *Journal d'Ethnologie*, 1878, p. 402; Hartmann, *Les Peuples de l'Afrique*, p. 54.
(3) *Proceedings of the Roy. Geogr. Soc. of London*, 1886, p. 447.
(4) *Ibid.*, 1891, pp. 17-21.

non loin des exploitations aurifères du Mashonaland. Opinion aujourd'hui surannée; on tend de plus en plus à attribuer ces constructions aux Phéniciens ou aux Persans (1). Pourquoi ne seraient-ce point des Arabes, qui auraient mis en œuvre les procédés artistiques de la Perse?

Mais nous n'avons point à discuter ici ce sujet. Aussi bien, ces recherches ne peuvent jeter de lumière sur l'origine des Bantous.

On a cru parfois que si les races africaines avaient perdu les souvenirs du passé, il était possible de refaire leurs annales d'après d'autres sources. Car l'Afrique a été de tout temps moins inconnue qu'on ne le pense. Nous nous vantons de l'avoir découverte; c'est une erreur, les Grecs, les Arabes, les Portugais y ont successivement abordé; on dit même que l'Ophir où Salomon envoyait chercher l'or, le bois de santal et les plumes de paon se trouvait sur la côte de Sofala.

N'y a-t-il rien à glaner au sujet des peuples bantous dans les mémoires de ces voyageurs et de ces commerçants ou dans les récits qu'ont recueillis leurs contemporains?

Il existe en effet certaines traditions grecques, arabes et portugaises relativement aux peuples du sud de l'Afrique. Mais de l'interprétation rigoureuse et de la discussion critique de ces textes, il sort rarement des données certaines. Souvent la pierre de touche manque pour identifier les peuples dont parlent les anciens; ou bien l'on se trouve en présence d'une ethnographie toute de fantaisie.

Ainsi, Maçoudi (2) nous dira que les tribus du Zindj, c'est ainsi que les Arabes désignent la région située au delà du pays de Somalis, descendent de Kush, fils de Cham. Rien ne justifie cette origine. Aussi bien, nous ne

(1) *Ibid.*, p. 609.

(2) Barbier de Meynard et Pavet de Courteille, *Les Prairies d'or* de Maçoudi, t. I, p. 233.

pensons pas que la table ethnographique du chapitre x de la Genèse puisse rendre grand service à l'ethnologie africaine. On a fait depuis longtemps la juste remarque que cette partie du monde est dûment en dehors de l'horizon mosaïque. Les essais qui tendent à faire rentrer les peuples d'Afrique dans ce cadre sont à bon droit soupçonnés d'en vouloir forcer les limites naturelles.

Les assertions suivantes que nous lisons dans Maçoudi méritent peut-être plus d'attention. Après avoir montré les tribus du Zindj s'établissant en Abyssinie et de là descendant jusqu'au Haut-Nil, il décrit leur extension et leur développement dans la région de Sofala, « là où l'or abonde avec d'autres merveilles ». Désormais fixés dans leur course errante, les Zindj élurent un chef supérieur, qu'ils nomment *Falime* ou *Wafalime*. Ce *Falime* a sous ses ordres tous les chefs de tribus, il commande à 300 000 hommes armés en guerre. Chez ces peuples, c'est le bœuf qui sert de bête de somme, ils n'ont ni chevaux, ni mulets, ni chameaux. On signale parmi les Zindj des peuplades qui s'aiguisent les dents et qui sont cannibales.

Dans cette description de Maçoudi, on a relevé certains traits qui conviennent à des tribus bantoues. Ainsi le P. Torrend a constaté l'exactitude du terme de *Falime*, au pluriel *Wa-falime*. Ce mot est encore usité en *swahali* sous la forme de *m-falme*, *m-falume* « roi », pluriel *wafalme*. Au Mozambique, *ma-limu* signifie « chef » (1). Il est curieux de voir cette donnée fournie par Maçoudi, il y a dix siècles, confirmée pleinement par l'érudition contemporaine.

D'autres détails concordent également. Il n'y a pas longtemps que les Cafres se servent du cheval, chez eux le bœuf a été longtemps animal de somme. Les dents aiguisées en pointe n'ont point disparu de certaines tribus africaines ; c'était jadis une coutume universelle parmi les

(1) *Op. cit.*, pp. xxxiv, 344, 365.

habitants du Mozambique. Les *Hehe* (1) et les *Mashonas* (2) en font autant. Enfin, le cannibalisme a été signalé au sein des peuples bantous. Sans parler des *Nywemas*, il faut citer les *Yaos*, à l'est du lac Nyassa (3), et d'anciennes traditions accusent les indigènes du Senna d'avoir mangé de la chair humaine jusqu'à l'arrivée des Portugais.

Maçoudi a été complété par Edrisi et Aboulféda. Ils nous donnent ce nouveau détail que la capitale du royaume de Zindj s'appelait *Siyuna*. N'est-ce pas un indice corroborant les autres faits qui attestent l'existence d'un empire bantou florissant dès l'antiquité dans la région de Sofala et du Monomotapa ? Car *Siyuna*, c'est *Senna*, *Shona* du Mashona-land.

Écoutons maintenant les géographes grecs. Hérodote, parlant des peuples les plus méridionaux de l'Afrique orientale, nous apprend que leur pays produisait en abondance de l'or et de l'ivoire. Les habitants étaient de haute taille et vivaient longtemps (4) : aussi Hérodote les appelle-t-il Μακροβίοι. Dans ce pays s'élevait une montagne que les indigènes, toujours d'après Hérodote, nomment « le plateau du soleil ». Là les chefs exposent, pendant la nuit, de la viande bouillie pour en rassasier le peuple pendant tout le jour. Pomponius Mela rapporte la même tradition (5).

Ces données sont bien vagues ; mais elles trouvent peut-être leur commentaire explicatif dans un passage d'un moine égyptien, Cosmas Indicopleuste, qui, au VI^e^ siècle de notre ère, écrivit un ouvrage intitulé : *Topographie chrétienne* (6). Voici ce que nous y lisons sur le sujet qui nous occupe : « La région appelée *Sasus* confine à l'Océan... elle renferme beaucoup de mines d'or. Tous les deux ans,

(1) Giraud, *Les Lacs de l'Afrique équatoriale*, p. 141.
(2) W. Montagu Kerr, *The Far Interior*, p. 116.
(3) *Proceed. of the Roy. Geogr. Soc. of London*, 1887, p. 468.
(4) Lib. III, numm. 20, 23, 114.
(5) Lib. II, n. 9.
(6) Migne, *Patr. grecq.*, t. LXXXVIII.

le roi d'Axum (1) envoie là-bas des hommes pour faire le commerce de l'or. Beaucoup d'autres marchands les accompagnent. Ils sont parfois plus de cinq cents. Ils exportent des bœufs, du sel et du fer. Quand ils sont arrivés tout près du pays, ils s'arrêtent à un certain endroit, construisent un enclos d'épines entrelacées, dans lequel ils s'établissent. Les bœufs sont abattus, et les quartiers de chair accrochés aux épines de la haie ; on place aussi, à côté, le sel et le fer. Alors les indigènes apportent leurs lingots d'or, qu'ils appellent *tanchara ;* chacun dépose un, deux ou trois lingots ou sur le quartier de bœuf, ou sur le sel, ou sur le fer, à son choix, et il reste debout en dehors de l'enclos. Le propriétaire du bœuf arrive, et s'il est satisfait du prix, il prend l'or, et l'autre enlève, soit la viande, soit le sel, soit le fer. Si le prix ne convient pas, l'or est laissé, et l'indigène, voyant que son offre n'est pas acceptée, ou bien ajoute au poids, ou bien reprend l'or, et s'en va... En cinq jours, cette vente est terminée, mais il faut six mois entiers pour aller en ce pays et en revenir » (2).

A en croire le P. Torrend (3), ce peuple de *Sasus* n'est autre que la principale tribu bantoue, déjà fixée, quand Cosmas écrivait, dans la région de Sofala. Sans doute, il n'est pas impossible d'identifier quelques-unes des données fournies par le moine égyptien. Ainsi, lui-même précise très exactement la position du pays de Sasus. Il est situé, le long de la côte, au sud de l'Océan qui s'appelle Ζίγγιον. Cette dernière dénomination répond à celle des Arabes qui désignaient à la latitude de Zanzibar l'Océan par le nom de *Zindj*.

Que les Éthiopiens d'Axum missent trois ou quatre mois à descendre jusqu'à Sofala, rien d'étonnant. Aujourd'hui encore, des caravanes prennent le même temps pour franchir en Afrique des distances équivalentes.

(1) Axum est un port sur la Mer Rouge.
(2) *Patr. grecq.*, t. LXXXVIII, p. 99.
(3) *Op. cit.*, p. XXXVIII.

Au témoignage de Heeren, si l'on compare les deux récits d'Hérodote et de Cosmas, ils s'éclairent d'une mutuelle clarté (1). En effet, ce « plateau du soleil » dont parle le père de l'histoire et sur lequel le *wafalime* expose de la viande bouillie, ne serait point autre chose que la région où se faisait le trafic décrit par Cosmas.

Le P. Torrend a cru pouvoir préciser plus exactement encore cet endroit (2). Ce serait le pays de Sagara, situé au nord du lac Nyassa. Le savant africaniste donne, comme preuve de cette assertion, que *igala*, en cafre, veut dire « soleil », et que le préfixe *sa* joint à *gala* peut désigner « les plaines du soleil ». Sagara serait ainsi le pendant du Nyamwezi « montagne de la lune ». Pour dire toute notre pensée, ces étymologies de noms géographiques nous paraissent bien hasardées.

Il y a, en outre, contre l'identification de Sagara avec le pays auquel il serait fait allusion dans le passage cité de Cosmas, une autre objection. Sagara n'est pas une région aurifère ; les fameux gisements de l'Afrique orientale sont situés plus bas à Tété et à Senna, bien au sud du lac Nyassa. Sans doute, il n'est pas absolument impossible que les indigènes allassent à la rencontre des marchands d'Axum et transportassent l'or de Senna au Sagara. Mais si cette hypothèse n'a rien d'invraisemblable, elle n'a pour elle aucune preuve.

En résumé, tous les détails que nous venons de rassembler sont assez peu précis. S'ils attestent qu'à une époque reculée le sud de l'Afrique orientale était déjà occupé par un peuple exploitant l'or de ses filons, nous demeurons dans le vague par rapport à l'origine et au caractère ethnique de ces tribus. Étaient-ce des Bantous ? N'étaient-ce point plutôt des Hottentots, précurseurs des Bantous en Afrique ? Nous n'en savons rien, et les données acquises

(1) *Nouveau Journal asiatique*, 1829, t. II, p. 363.
(2) *Op. cit.*, p. XXXIX.

jusqu'à ce jour ne fournissent point, ce nous semble, d'autre conclusion que celle de l'existence des populations sud-africaines. Aller au delà, c'est forcer la valeur des témoignages.

VI

Il a été de mode en ces dernières années de rajeunir l'opinion jadis défendue par Quatremère (1) que l'Ophir, où Salomon allait s'approvisionner d'or et de bois de santal, était situé sur la côte de Sofala. Cette thèse a repris une nouvelle faveur depuis que Mauch (2) eut découvert les ruines de Zimbabye, attribuées par lui aux Bantous. On en avait conclu que ces anciens habitants de l'Afrique australe constituaient une nation puissante et plus civilisée que ne le sont les tribus occupant de nos jours ces régions. Dès lors, rien d'étonnant à ce qu'elles se fussent trouvées en contact avec le puissant monarque de Jérusalem.

Nous avons déjà dit que les plus récentes explorations des Anglais de la *Chartered Company* favorisent aussi peu que possible les vues de ceux qui font des constructions de Zimbabye l'œuvre des Bantous. Quant à retrouver Ophir sur la côte de Sofala, cela demeure bien problématique (3).

Cette opinion n'est pas nouvelle. Cosmas Indicopleuste (4) dit expressément que non seulement l'or, mais le bois précieux et les singes reçus par Salomon de la reine de Saba, ou rapportés par sa flotte à Aziongaber provenaient de l'Afrique australe. La même tradition fut rapportée par les Arabes aux Portugais, quand ceux-ci

(1) *Mém. de l'Académie des Inscriptions et Belles-lettres*, 1842, 2e partie, pp. 349-402.

(2) *Petermann's Mittheilungen*, 1871.

(3) Voir sur cette question un article très complet de la *Revue britannique*, 1867, pp. 5-35.

(4) *P. G.*, t. LXXXVIII, p. 98.

rencontrèrent pour la première fois leurs vaisseaux qui revenaient de Sofala chargés d'or.

Les linguistes (1) qui défendent ces vues ne sont pas embarrassés pour dire qu'Ophir, Σωφὶρ chez les Septante, n'est autre chose que *Sofala*, *Sofara*. Du reste, n'a-t-on point, dans certains idiomes bantous, pour désigner cette contrée, *Ku-piri*, *A-mpire*, *A-mbiri*, *Ba-peri?* Or, tous ces termes ressemblent, dit-on, de bien près à celui d'Ophir.

De pareilles analogies sont établies pour les mots *parvaïm* (2) et *'ufaz* (3) de la Bible. Sans hésiter, on proclame que *'ufaz*, c'est l'île de Patta, dont la capitale a été longtemps un centre pour l'exploitation de l'or et qui s'appelait encore *A-mpaza* au XVII^e^ siècle. Quant à *parvaïm*, on va jusqu'à y voir le nom moderne *Ba-roa* ou *Ba-tua*, des Hottentots et des Bushmen (4), alors que le sens de ce mot est bien connu : il signifie « les archers » (5).

Voilà bien l'abus de la philologie comparée! Il nous souvient qu'avec pareils procédés on a trouvé Ophir au Pérou, *parvaïm* étant le duel du nom *Peru* (6). Il n'y a rien à tirer de ces étymologies hasardées.

Contre l'idée de placer Ophir en pays bantou, Gesenius a objecté que les mines d'or étant éloignées de la côte de Sofala de deux cents milles espagnols, il est peu vraisemblable que les sujets de Salomon aient pénétré si avant dans les terres africaines (7). Cette difficulté n'est pas radicale; dès lors que les placers aurifères de Tati et de Senna étaient en exploitation, il est à croire que les produits furent bientôt envoyés à la côte. Toute la question est de savoir si la mise en activité des mines d'or de Sofala remonte à une si haute antiquité.

(1) Cfr Torrend, *op. cit.*, pp. XLI, XLII.
(2) III *Chronic.*, III, 6.
(3) *Jer.*, X. 9; *Dan.*, X, 5,
(4) Torrend, *loc. cit.*
(5) Girard de Rialle, *Les Peuples de l'Afrique*, p. 35.
(6) Vigouroux, *La Bible et les découvertes modernes*, 4^e^ éd., t. III, p. 579.
(7) Ersch und Grüber's *Allgemeine Encyklopädie*, 3^te^ Sect.,4^ter^ Th., pp. 201-2.

On invoque le témoignage du voyageur allemand Karl Mauch qui a visité la région de Sofala en 1871, et prononcé l'identification d'Ophir avec ce pays(1). Mais depuis, d'autres explorateurs, Salt (2), Maund (3) et bien d'autres, ont renoncé à pareille interprétation.

A notre sens, la grande et invincible difficulté qui s'oppose à placer Ophir en Afrique, c'est l'origine nettement hindoue des produits que Salomon tirait d'Ophir. Lassen a démontré ce point d'une façon irréfutable. Les singes, les paons, le bois de santal, l'ivoire portent, chose étrange pour la langue de la Bible, des noms hindous (4).

Pour échapper à la force de cette démonstration, Quatremère a contesté que le bois d'*algoumim* soit le bois de santal (5) et que le mot *tukkyim* désigne les paons (6). Il y voit des perroquets ; d'autres, depuis, en ont fait des poules de Guinée.

On peut, nous ne l'ignorons pas, élever certaines difficultés contre l'origine indienne, non pas contre le nom hindou, du bois de santal, puisqu'il est parlé d'*algoumim* du Liban (7). Mais cette difficulté n'est qu'apparente (8), et comparer *algoumim* avec *li-gumi* des dialectes du Senna et du Nyassa constitue une entreprise philologique d'une hardiesse effrayante (9).

Quant à transformer les *tukkyim* « paons » en perroquets, c'est aller contre les interprétations les plus certaines. Sans doute, les partisans de l'Ophir africain ont raison de vouloir se débarrasser du témoignage des paons. Ils sont fort gênants pour leur opinion ; car cet oiseau est

(1) *Bull. de la Soc. de Géogr. de Paris*, 1872, pp. 511-25.
(2) Voir Ersch und Grüber, *loc. cit.*
(3) *Proceedings of the Roy. Geogr. Society of London*, 1891, p. 19.
(4) *Indische Alterthumskunde*, t. I, pp. 651-99.
(5) *Mém. de l'Acad. des inscript. et belles-lettres*, 1842, 2e partie, p. 361-2.
(6) *Ibid.*, p. 362.
(7) II *Chronic.*, II, 7.
(8) Vigouroux, *op. cit.*, p. 586.
(9) Torrend, *op. cit.*, p. XLI.

particulier à l'Inde, et c'est là seulement qu'on l'a trouvé à l'état libre (1).

On le voit, l'ethnographie africaine n'a aucune donnée à attendre de l'identification, qui n'est rien moins qu'établie, de Sofala et d'Ophir. Il est d'ailleurs probable, — rien du moins ne prouve le contraire, — qu'à l'époque de Salomon, les Bantous demeuraient encore dans les régions du Haut-Nil, et que les Hottentots étaient paisibles possesseurs de l'Afrique australe. Puisque les traditions des Puls soudaniens s'obscurcissent à partir de Salomon, il y a là peut-être un indice pour dater seulement des années qui suivirent le règne de ce prince les premiers mouvements ethniques qui modifièrent sur le Continent noir la position respective des Puls, des Bantous et des Hottentots.

Notre tâche est terminée : nous avons essayé de donner au lecteur quelque idée de la langue et du peuple des Bantous. Nous avons abouti sur cette double question à des conclusions d'un caractère très différent. Autant l'on est fixé sur la linguistique bantoue, autant l'on demeure dans le vague et l'inconnu sur la nation qui propagea cette langue unique à travers tout le centre et le sud du continent africain.

Heureusement, c'est le point le plus important qui est acquis. La science spéculative regrette de ne pouvoir déterminer plus exactement l'ethnogénie des Bantous; mais ceux que touche davantage le côté pratique de la vie se consoleront aisément de ces lacunes de l'ethnographie africaine, en songeant que la Providence leur a mis en main l'indispensable instrument des relations commerciales, des influences civilisatrices et de la propagation évangélique.

J. Van den Gheyn, S. J.

(1) Cfr Smith's *Dictionary of the Bible*, t. III, p. 1440.

LA MÉTALLURGIE DE L'ALUMINIUM

L'aluminium est un des métaux les plus abondamment répandus dans les couches superficielles du globe. Élément essentiel des feldspaths, il se trouve dans toutes les roches granitiques ; il se rencontre aussi dans les terrains schisteux et ardoisiers, dans les argiles et les marnes, formés, d'une manière plus ou moins immédiate, par les produits de la décomposition lente des granites.

En 1857, Henri Montucci proposa l'application de l'aluminium aux monnaies (1). On lui objecta *l'abondance et le peu de valeur de son gisement — le métal faisant partie de l'argile que nous foulons — et la variabilité que pourrait éprouver sa valeur* à la suite des perfectionnements dans les procédés d'extraction. L'objection était fondée ; car l'aluminium, métal précieux durant la première moitié du siècle, tend à devenir industriel comme le fer, le cuivre et le plomb.

(1) Ch. et Alex. Tissier, *L'Aluminium et les métaux alcalins*, 1858, 197.

Pour un même volume de 379 cm³. correspondant à un kg. d'aluminium coulé,

l'or coûte approximativement	24 854	fr.
le platine	11 084	
l'argent	671	
le cuivre	4,72	
l'acier fondu	1,02	
le fer forgé	0,68	
le zinc	1,73	
l'aluminium (1)	6,25 (2)	

Si l'aluminium, répandu à profusion dans la nature et si peu coûteux aujourd'hui, a pu se vendre 50 fr. en 1889, 300 fr. en 1857 et 3000 fr. en 1854, c'est que les composés aluminiques n'ont cédé qu'après quarante années d'efforts aux puissants moyens d'analyse dont dispose la chimie moderne. A ce point de vue, l'histoire de l'aluminium présente presque le même intérêt que celle du fluor. Ses applications, encore seulement entrevues, fixent tous les jours davantage l'attention des savants et des industriels, et il n'y a plus de témérité, semble-t-il, à affirmer que l'aluminium prendra place parmi les métaux usuels.

I. PROCÉDÉS CHIMIQUES.

PREMIERS ESSAIS.

Le 19 novembre 1807, Humphry Davy lut devant la Société royale de Londres un mémoire sur la décomposition et la constitution des alcalis fixes (3). Au moyen d'une batterie de 250 éléments, il avait isolé le potassium

(1) D'après le dernier cours de l'usine de Neuhausen, en Suisse.

(2) Communication à la *Société des Arts*, de Genève, faite par M. J. Rehfous, ingénieur : *Moniteur industriel*, 16 février 1892, 52.

(3) *Philosophical Transactions*, 1808. — Œuvres de H. Davy, V, 60.

et le sodium par l'électrolyse de leurs oxydes. Le même procédé lui avait donné le baryum, le strontium, le calcium et le magnésium à l'état d'amalgames, dont il expulsait ensuite le mercure par distillation. Quand il tenta de décomposer l'alumine par la pile, il échoua complètement. Berzélius ne fut pas plus heureux. Œrsted, l'illustre chimiste danois, s'occupa aussi de la question ; s'il n'obtint pas d'une manière certaine de l'aluminium libre, il eut du moins le mérite de préparer le chlorure anhydre Al_2Cl_6, dont Wöhler isola définitivement le métal en 1827 (1).

Le procédé de préparation du chlorure aluminique imaginé par Œrsted est resté classique. Il consiste à faire passer un courant de chlore sec sur un mélange intime de charbon et d'alumine préalablement calciné au rouge :

$$Al_2O_3 + 3C + 3Cl_2 = Al_2Cl_6 + 3CO.$$

La masse vitreuse de chlorure qui se condense dans la partie froide de l'appareil peut être réduite à chaud par le potassium :

$$Al_2Cl_6 + 6K = 6KCl + 2Al.$$

D'après le deuxième mémoire de Wöhler (2), datant de 1845, la réduction s'opère très bien dans un creuset de fusion ordinaire, dans lequel on en introduit un plus petit qui renferme le potassium, tandis qu'on dépose le chlorure dans l'espace vide qui existe entre les deux creusets. Ce dispositif tient le potassium et le chlorure séparés pendant un certain temps ; leurs vapeurs seules réagissent. On prévient ainsi la rupture des appareils que peut entraîner le contact en masse des corps mis en expérience. Après la réaction, le creuset, d'abord refroidi, est

(1) *Annales de chimie et de physique*, [1], XXXVII, 66.
(2) *Annalen der Chemie und Pharmacie*, LIII, 422.

plongé dans une grande quantité d'eau ; la scorie saline se dissout et laisse déposer une poudre grise qui, triturée dans un mortier, s'agglomère en parcelles douées de l'éclat métallique.

Ce que Wöhler obtenait, était-ce bien de l'aluminium ? Oui ; mais de l'aluminium spongieux, impur, souillé de platine et de sodium(1), au point que l'illustre chimiste ne reconnut que très imparfaitement les principaux caractères du métal. Pour la détermination du poids spécifique, il se servit de trois grains aplatis et écrouis au marteau pesant ensemble 34 milligrammes !

Dix ans plus tard, les remarquables travaux de Henri Sainte-Claire Deville, professeur de chimie à l'École normale supérieure de Paris, amenèrent les premiers essais industriels pour l'extraction de l'aluminium.

Reprenant l'expérience de Wöhler, il substitua le sodium au potassium plus énergique, mais aussi beaucoup plus coûteux. La réduction se fit à souhait. Quand elle fut terminée, Deville chauffa une seconde fois au rouge vif dans un creuset de porcelaine le mélange de scories et de parcelles métalliques qu'il avait obtenu. Il vit alors l'aluminium se réunir en globules volumineux que l'analyse trouva être d'une pureté chimique presque parfaite. Les globules refondus servirent à fixer définitivement les propriétés du métal.

Cette détermination fit concevoir les plus brillantes espérances au sujet de l'avenir de l'aluminium. Deville communiqua les siennes à l'Académie des sciences le 6 février 1854.

« On comprendra, dit-il, combien un métal blanc et inaltérable comme l'argent, qui ne noircit pas à l'air, qui est fusible, malléable, ductile et tenace, et qui présente la singulière propriété d'être plus léger que le verre, com-

(1) *Comptes rendus*, XXXVII, 557.

bien un pareil métal pourrait rendre de services s'il était possible de l'obtenir facilement. Si l'on considère en outre que ce métal existe en proportions considérables dans la nature, que son minerai est l'argile, on doit désirer qu'il devienne usuel. J'ai tout lieu d'espérer qu'il pourra en être ainsi, car le chlorure d'aluminium est décomposé avec une facilité remarquable, à une température élevée, par les métaux communs, et une réaction de cette nature, que j'essaye en ce moment de réaliser sur une échelle plus grande qu'une simple expérience de laboratoire, résoudra la question au point de vue pratique. »

La pratique apprit à Henri Sainte-Claire Deville qu'il s'était exagéré la réductibilité des composés aluminiques par les éléments positifs. Le sodium seul lui donna des résultats industriellement applicables. Aucun autre métal n'a été utilisé en grand et avec avantage dans la métallurgie chimique de l'aluminium.

Les succès de Deville commençaient à être connus et à faire des envieux. De toutes parts, les concurrents surgirent comme par enchantement. Des réclamations de priorité, des mémoires et des plis cachetés de toutes sortes furent adressés à l'Académie des sciences (1). Aucun de ces écrits ne fit avancer la question ; ils n'empêchèrent même pas les membres de l'Institut d'accorder à Deville, sur la demande de Thénard, les fonds nécessaires pour la continuation de ses recherches (2).

Ainsi encouragé et soutenu, le savant professeur de l'École normale s'attacha à perfectionner les méthodes d'extraction.

Voici le nouveau dispositif qu'il imagina pour la préparation du chlorure d'aluminium.

Dans un fourneau chauffé au charbon, on porte au rouge

(1) *Comptes rendus*, 358, 415, 512, 555, 685, 777.
(2) *Ibid.*, XXXVIII, 281 ; XXXIX, 322.

sombre une cornue de grès tubulée, de la capacité de dix litres, renfermant de menus fragments d'un mélange d'alumine et de charbon calciné en pâte avec de l'huile ; puis on fait passer un courant rapide de chlore sec. Il se forme bientôt d'abondantes vapeurs de chlorure. On les recueille dans une cloche en verre tubulée, soigneusement lutée, par l'intermédiaire d'un grand entonnoir, dans le col de la cornue. La cloche est assez petite pour qu'elle s'échauffe fortement et que le chlorure s'y agglomère, à la suite d'une demi-fusion, en masses saccharoïdes très denses. Au moyen de cet appareil, Deville a pu préparer jusqu'à 5 kilogrammes de chlorure par jour.

Pour en extraire le métal, il en mettait 200 à 300 grammes entre deux tampons d'amiante dans un gros tube de verre de 4 centimètres de diamètre ; puis il chauffait modérément le tube tout en y faisant passer un courant d'hydrogène pur et sec. Après cette opération préalable, qui avait pour but de chasser l'acide chlorhydrique, le chlorure de soufre et le chlorure de silicium dont le chlorure d'aluminium est toujours imprégné, il introduisait dans le tube du sodium bien pur, coupé en petits morceaux et contenu dans des nacelles de porcelaine. Le courant d'hydrogène étant rétabli, il chauffait de manière à fondre le sodium, et à volatiliser peu à peu le chlorure d'aluminium. Dans ces conditions, les matières ne réagissaient que graduellement, avec une intensité qu'on pouvait modérer à volonté en réglant la température.

Après refroidissement, l'aluminium contenu dans les nacelles se trouvait noyé dans du chlorure double d'aluminium et de sodium. Pour l'en séparer, Deville portait les nacelles dans un tube en porcelaine muni d'une allonge, et les chauffait au rouge vif. Tandis que le chlorure double distillait et se solidifiait dans l'allonge, le métal se réunissait dans chaque nacelle en un ou deux globules. Après lavage à l'eau, on les refondait encore vers 1000° dans une capsule de porcelaine, avec du chlorure double d'alu-

minium et de sodium comme fondant. Le culot unique ainsi obtenu était de l'aluminium très pur, quoiqu'il fût enveloppé d'une légère pellicule d'alumine provenant de la décomposition partielle du fondant.

Comme on le devine aisément, le sodium se produit plus économiquement *à l'état de vapeur* qu'à l'état solide. Aussi Henri Sainte-Claire Deville essaya-t-il de faire réagir la vapeur de ce métal sur le chlorure d'aluminium en mettant celui-ci dans un vase relié directement à la cornue de fer d'où se dégage le sodium. Il fallut abandonner le procédé, parce que, pendant la production du métal alcalin, il se volatilise une grande quantité de soude qui détruit en pure perte une partie du chlorure d'aluminium.

Procédé Deville.

On était encore dans la période des tâtonnements. Convaincu que des essais sur une plus grande échelle donneraient de meilleurs résultats, Deville installa en mars 1855, à l'usine de produits chimiques de Javel, près Paris, une série d'appareils pour la fabrication de l'aluminium. L'empereur Napoléon III voulut bien couvrir tous les frais.

Dès le mois de juin, la préparation du chlorure d'aluminium avait pris un caractère industriel.

La cornue tubulée précédemment décrite avait été remplacée par une cornue à gaz de 300 litres de capacité; le mélange de charbon, d'huile et d'alumine, par une pâte d'alumine et de goudron préalablement calcinée; la cloche de verre enfin, par une chambre en maçonnerie garnie de faïence à l'intérieur. Une batterie de huit bonbonnes contenant chacune 45 litres d'acide chlorhydrique fournissait le chlore.

Au fur et à mesure de sa formation, le chlorure allait se déposer dans la chambre de condensation en concré-

tions mamelonnées. Par malheur, il était fortement souillé de chlorure ferrique qui le colorait en jaune, le rendait déliquescent et compromettait grandement la pureté du métal à extraire. Au point de vue du rendement, l'appareil convenait à une grande exploitation ; on en retira des plaques de chlorure d'aluminium pesant jusqu'à 50 kilogrammes.

Le four de réduction subit aussi des modifications importantes, qui ne manquent pas d'intérêt théorique et montrent bien le génie inventif de Deville.

Volatilisé dans une cornue cylindrique, le chlorure d'aluminium traverse un second cylindre chauffé au rouge sombre. Il y rencontre 60 à 80 kilogrammes de pointes de fer destinées à décomposer et à arrêter l'acide chlorhydrique, le chlorure de silicium, le chlorure de soufre et le chlorure ferrique. Celui-ci, aussi volatil que le chlorure d'aluminium, est réduit par le fer en chlorure ferreux plus fixe, qui achève de se déposer un peu plus loin. Ainsi purifié, le chlorure d'aluminium se répand sur les nacelles où se trouve le sodium en fusion. La réaction se fait en produisant parfois une température si élevée qu'on peut être obligé d'enlever tout le combustible. Quand le chlorure cesse d'être absorbé, on refond le contenu des nacelles, soit dans des vases de fonte, soit dans des creusets en grès. On lave la poudre et les globules disséminés dans la couche inférieure ; on chauffe à sec dans un creuset et, au moment où la fusion se produit, on écrase la matière à l'aide d'une baguette en terre réfractaire. Tout se réunit en un seul culot, que l'on coule dans une lingotière.

En principe, le nouveau four n'était pas mauvais ; pourtant, lors du premier essai, il ne donna qu'un métal excessivement médiocre. Deville lui-même nous apprend ce mécompte dans ces quelques lignes empreintes du plus amer dépit. « Tel est, dit-il dans son *Mémoire sur l'Aluminium,* le détestable procédé au moyen duquel ont été

fabriqués les lingots d'aluminium qui ont été remis à l'Exposition (1). Pour comble de malheur, pressé par le temps et ignorant l'action du cuivre sur l'aluminium, j'avais, dans presque toutes mes expériences, employé des cylindres à réaction et des nacelles en cuivre; de sorte que l'aluminium que j'en retirais contenait des quantités notables de ce métal et constituait un véritable alliage. Aussi il avait perdu toute sa ductilité et sa malléabilité; il avait une teinte grise désagréable, et enfin, au bout d'un ou deux mois, il se ternissait en se recouvrant d'une couche d'oxyde ou de sulfure noir de cuivre, qu'on ne pouvait enlever qu'en le trempant dans l'acide nitrique. »

A ces accidents, le remède était facile; mais il restait toujours à résoudre la question d'une production économique du sodium.

L'alun ammoniacal, l'alumine qui en provient, le chlore, le charbon, le carbonate de sodium et la craie étaient à bas prix. Dumas estimait que la quantité de ces matériaux requise pour faire un kilogramme d'aluminium ne devait pas coûter plus de 32 francs. Seulement, quand Deville commença ses recherches, le sodium était coté 1000 francs le kilogramme, ce qui portait à 3000 francs au moins le prix de revient de l'aluminium.

Debray et les frères Rousseau contribuèrent largement à réaliser la fabrication en grand du métal réducteur. S'aidant de leurs lumières, Henri Sainte-Claire Deville modifia les appareils employés par Donny et Mareska pour la fabrication du potassium et obtint le sodium par calcination, dans de gros tubes en fer, d'un mélange intime de carbonate de sodium, de charbon et de craie(2).

Au témoignage de Dumas, les frais de production du sodium s'abaissèrent jusqu'à 7 francs par kilogramme,

(1) Il s'agit de l'Exposition universelle des produits de l'industrie, de 1855.
(2) *Comptes rendus*, XXXIX, 903.

vers la fin de l'année 1856 : « L'extraction, dit-il, plus facile que celle du phosphore, comparable à celle du zinc, s'effectue avec une simplicité qui étonne à juste titre tous ceux qui assistent pour la première fois à l'opération et qui ont conservé le souvenir des difficultés qu'elle offrait jadis..... La réaction est si complète que le rendement réel en sodium est d'accord avec celui que le calcul indique, et si facile que l'on peut remplacer par des tuyaux de poële lutés, les bouteilles en fer d'un prix élevé qu'on emploie encore ordinairement » (1).

Des essais récents, nous le verrons, ont définitivement fait justice de ces assertions quelque peu exagérées. C'est le propre des inventeurs de s'illusionner sur la portée de leurs découvertes. Dans les circonstances que le lecteur connaît, on se demande malgré soi si les déclamations assez mal justifiées de Deville et de Dumas n'avaient pas pour but de grandir aux yeux de Napoléon les progrès réalisés et de s'assurer malgré tout les ressources du trésor impérial.

Cependant le fonctionnement journalier des appareils établis à Javel ne pouvait manquer de faire ressortir les défauts des procédés et des produits mis en œuvre.

Deville et ses aides remarquèrent notamment que le chlorure d'aluminium est d'un maniement difficile et désagréable. Il importait de le préserver soigneusement de l'humidité. Sa grande volatilité exigeait qu'on le conservât dans des récipients bien fermés, et que pendant sa réduction par le sodium on maintînt la température aussi basse que possible. Il fallait le détacher mécaniquement des parois des chambres de condensation, d'où résultaient des pertes sensibles, un danger sérieux pour les ouvriers exposés à en respirer les vapeurs et un surcroît dans la dépense par suite de la discontinuité des opérations.

(1) *Ibid.*, XLIII, 713.

On chercha mieux et on réussit à faire un chlorure double d'aluminium et de sodium, moins volatil, facilement liquéfiable, se figeant à froid, mais pouvant couler comme de l'eau à une température peu élevée. Sa préparation consiste à soumettre à l'action du chlore le mélange d'alumine et de charbon employé par Œrsted, après addition d'une certaine quantité de sel marin. Le chlorure alcalin s'unit au chlorure d'aluminium formé, dans le rapport indiqué par la formule Al_2Cl_6,6NaCl, et ce produit complexe se rend à l'état de vapeur dans les condensateurs où il se liquéfie. Parfaitement régulière d'ailleurs, l'opération n'exige d'autres soins que ceux que rendent nécessaires la production du chlore, le renouvellement du mélange à décomposer et le remplacement, à l'extrémité du réfrigérant, des pots en terre où se forment les pains de chlorure double qui y coule en filet continu.

L'appareil à réduction employé jusqu'alors était incontestablement très ingénieux. Seulement, malgré ses dimensions assez grandes, il constituait un modèle de laboratoire bien plutôt qu'un type d'atelier. Deville le sentait. Après bien des essais pénibles et coûteux, il s'arrêta à l'emploi du four à réverbère pour faire agir l'un sur l'autre le nouveau sel double et le sodium réducteur.

Les chimistes trouvèrent l'entreprise audacieuse ; ils s'inclinèrent devant les résultats auxquels elle conduisit. « Rien n'est plus curieux, dit Dumas à l'Académie, que de voir charger à la pelle dans un four à réverbère incandescent un mélange de sodium en morceaux et de chlorure double, et de constater que la réaction entre ces deux corps, qui ne s'établit qu'après quelque temps, est assez tranquille pour qu'on puisse l'effectuer sans péril sur une grande échelle » (1).

Après la réduction, il restait sur la sole du four de l'aluminium en plaques, en globules et en poudre, le tout

(1) *Comptes rendus*, XLIII, 714.

noyé dans une scorie de sel marin. On en séparait le métal mécaniquement d'abord, puis par lavage à l'eau. Il fallait tout refondre pour avoir un culot unique.

Le chlorure double d'aluminium et de sodium n'était donc qu'un fondant médiocre. Les particules métalliques qu'en isolait le sodium ne coulaient pas vers le fond des appareils. Deville, Debray et Paul Morin (1) remarquèrent que l'addition de fluorure de calcium donne au métal réduit une facilité plus grande pour se réunir. C'était un nouveau progrès dont les frères Rousseau s'assurèrent le bénéfice par un brevet du 28 juillet 1856. Après avoir été exploité à l'usine de la Glacière, près Paris, ce brevet fut repris plus tard par Paul Morin, directeur de l'usine de Nanterre, près Saint-Denis.

Malgré les efforts de Henri Sainte-Claire Deville et les encouragements si précieux de l'Empereur, l'industrie de l'aluminium végétait.

Au mois d'octobre 1856, l'usine de Javel produisait 2 kilogrammes d'aluminium par jour. En multipliant le nombre des appareils, on eût pu accroître ce chiffre à volonté ; car la fabrication n'exigeait plus désormais l'œil du chimiste et un simple ouvrier suffisait à la conduire. Mais le métal ne se vendait pas. En 1855, son prix de revient était de 1000 francs le kilogramme ; en 1857, il se vendait encore 300 francs à l'usine d'Amfreville-la-Mi-Voie, près Rouen, dirigée par les frères Tissier (2). Trop cher relativement à ses propriétés, l'aluminium ne trouva guère d'applications dans les arts et resta une rareté pendant des années. Deux faits pour le prouver.

Dans la séance du lundi 15 février 1858, « M. Christofle présente à l'Académie des sciences un groupe d'aluminium fondu et ciselé, première application du nouveau métal à l'orfèvrerie d'art. L'épreuve remarquable qui a été

(1) *Ibid.*, XLI, 1054.
(2) Ch. et Alex. Tissier, *L'Aluminium et les métaux alcalins*, 1858, p. 190.

mise sous les yeux de l'Académie, appartient à l'Empereur. »

Le 28 novembre 1859, « M. Dumas met sous les yeux de l'Académie un casque en aluminium exécuté par les soins de la Maison Delachaussée avec le concours de M. Mourey, pour le service de S. M. le Roi de Danemark.

» D'après ces habiles artistes, cette pièce, remarquable d'ailleurs par sa richesse, est destinée à montrer que l'aluminium peut prendre un bruni comparable à celui de l'argent, qu'il est propre à recevoir toutes les applications de la dorure galvanique, enfin que les soudures les plus difficiles sont susceptibles d'être effectuées solidement sur des surfaces plus ou moins étendues de ce métal.

» Ce casque pèse 700 grammes. En laiton, il eût pesé 1700 grammes. Sa résistance, plus faible que celle de la tôle d'acier, est supérieure d'ailleurs à celle du laiton. »

Les chefs-d'œuvre de Christofle et de Mourey n'empêchèrent pas l'aluminium de tomber dans l'oubli. En 1873, il n'était plus fabriqué que dans trois usines : à Amfreville, près Rouen, par les frères Tissier; à Salindres, dans le Gard, par MM. Merle et C^ie^, auxquels succédèrent MM. Pachiney et C^ie^; en Angleterre, à Washington, près Newcastle-on-Tyne, par MM. Bell Bross. Encore ces derniers durent-ils, après avoir fait de grandes dépenses, abandonner l'entreprise à cause de la difficulté qu'ils éprouvaient d'obtenir de l'aluminium suffisamment pur et surtout à cause du peu d'importance des commandes. Une autre société fondée à Berlin fut également forcée de se dissoudre.

Quant aux usines existantes, elles ne se développaient pas.

D'après la statistique dressée par l'Administration des mines, l'usine de Salindres, la seule que la France possédât encore en 1887, ne produisit cette année que 2042 kg. d'aluminium! (1). Le prix de revient était d'environ 80 fr. le kg.; le prix de vente montait à 100 fr.

(1) *Annales des Mines*, [8], 1889, XVI. 546.

Procédé Castner.

L'industrie du *métal de l'argile* en était là, quand commencèrent en 1882 les essais de M. H. Y. Castner de New-York. Cet habile métallurgiste se convainquit d'abord que la réduction par le sodium est le seul procédé chimique industriellement applicable, qu'il fallait à tout prix produire économiquement le métal alcalin réducteur. Grâce à des efforts intelligents et soutenus, il y réussit et, dès 1886, il vint en Angleterre fonder une usine à Lambeth. Dix-huit mois de nouvelles recherches, poursuivies sous les yeux de plusieurs savants, lui permirent d'abaisser le prix du sodium au cinquième et celui de l'aluminium au tiers de ce qu'ils étaient auparavant.

Avec l'approbation d'un célèbre chimiste, sir Henri Roscoe, l'*Aluminium Company Limited* se constitua, au capital de 10 millions, pour l'exploitation des procédés Castner. En octobre 1887, on vit sortir de terre à Oldbury, près Birmingham, une grande usine pour la production simultanée du sodium et de l'aluminium. Le 28 juillet 1888, elle put être montrée en pleine activité à un grand nombre d'invités, industriels ou savants (1).

L'ouverture de cet établissement fait époque dans l'histoire de la métallurgie chimique.

Pendant de longues années, les modifications faites aux procédés n'avaient porté que sur le détail. Entre les mains de M. Castner, tout se transforma, les méthodes, les appareils et les matières premières utilisées.

Fabrication du sodium. — Voyons d'abord ce que devint l'industrie du sodium.

Deville obtenait ce métal en réduisant le carbonate sodique par le charbon, dans de longs cylindres en fer forgé :

$$Na_2CO_3 + 2\,C = 2Na + 3CO.$$

(1) *Chemical News*, 2 August, 1888. — *Nature*, XXXVIII, 326.

Le métal réduit distillait et se condensait dans un moule aplati placé hors du four ; l'oxyde de carbone venait brûler dans l'air libre à l'extrémité du condensateur.

Pour empêcher le charbon de flotter sur le carbonate en fusion, Deville avait jugé bon d'y ajouter de la craie (1). Sans doute, il assurait ainsi le contact des matières réagissantes ; mais la réduction n'en devint pas plus facile. Le charbon, le carbonate sodique et la craie en mélange conduisent excessivement mal la chaleur. Pour atteindre la température de réduction dans toute la masse, il fallait n'employer que des cylindres étroits et chauffer le four vers 1500°, ce qui entraînait l'usure rapide des appareils et une augmentation considérable des frais de production. Le système était donc mauvais, d'autant plus qu'en dépit des assurances de Dumas et de Sainte-Claire Deville, le rendement en métal laissait beaucoup à désirer.

Le 7 mars 1887, M. Mactear, représentant de M. Castner, présenta à la *Chemical Society* de Londres un mémoire sur les remarquables recherches qui se poursuivaient à l'usine de Lambeth.

M. Castner substitua d'abord la soude caustique au carbonate de sodium.

Ensuite, il supprima l'emploi de la craie et remplaça le carbone réducteur par un carbure de fer, plus lourd et qui ne flotte pas sur l'alcali en fusion. Voici le mode de préparation et d'emploi de ce carbure :

On réduit du fer très divisé, obtenu par réduction de l'oxyde ferrique au moyen d'un mélange d'hydrogène et d'oxyde de carbone fourni par un gazogène Wilson, et le fer très divisé ainsi obtenu est mêlé à de la poix fondue. On fait bouillir jusqu'à durcissement, on casse en morceaux et on chauffe dans des creusets. Il reste une espèce de coke qui renferme environ 30 p. c. de carbone et répondrait à la formule FeC_2. Après une pulvérisation soignée, le

(1) *Comptes rendus*, XXXIX, 903.

carbure et la soude caustique sont chargés, en proportions bien déterminées, dans de larges creusets, qu'on maintient dans un foyer spécial à une température modérée pendant une demi-heure environ. La masse fond, la réduction commence et s'accompagne d'un vif dégagement de vapeur d'eau et de gaz.

Quand l'effervescence a cessé, on débouche le fond du récipient et on fait couler la matière liquide dans un creuset plus petit qui sera aussitôt mis au four pour la distillation du sodium. C'est là que la décomposition s'achève.

Plusieurs réactions s'accomplissent simultanément. On croit pouvoir représenter les principales par les équations suivantes :

$$6\,NaHO + FeC_2 = 2Na_2CO_3 + 6H + Fe + 2Na,$$
$$3\,NaHO + FeC_2 = 3Na + Fe + CO + CO_2 + 3H.$$

C'est donc l'hydrogène qui domine ; il s'en trouve environ 95 p. c. dans le mélange gazeux dégagé ; le peu d'oxyde de carbone qu'on y observe ne nuit guère à la pureté du sodium isolé.

Quant au four à distiller (fig. 1), il est d'une disposition fort curieuse. Des cloisons verticales le partagent en autant de chambres qu'il y a de creusets à chauffer. Dans chaque chambre, un couvercle de creuset C est solidement fixé à la voûte. Il n'en est retiré qu'une fois tous les huit jours, pour le nettoyage. Sous chacun d'eux se trouve un monte-charges hydraulique P, commandé par un petit volant de commande V, et destiné à la mise en place des creusets. Le plateau P, une fois relevé, ferme exactement la sole du four, tandis que les bords du creuset qu'il porte vont s'appliquer exactement contre ceux du couvercle. Un peu de chaux assure l'étanchéité du joint.

Les couvercles des creusets sont reliés aux condenseurs R par un ajutage latéral sortant du four. Une tringle métallique *t* traverse ce tube de dégagement et permet

de le nettoyer, si le sodium venait à l'obstruer pendant la distillation.

Aplatis comme ceux de Deville, les condenseurs mesurent environ 1 mètre de longueur sur une largeur de 12 centimètres. Leur fond est incliné de manière que le sodium liquéfié s'écoule dans des vases convenables disposés pour le recevoir. Pendant l'opération on allume les gaz qui sortent par une petite ouverture *h* pratiquée dans

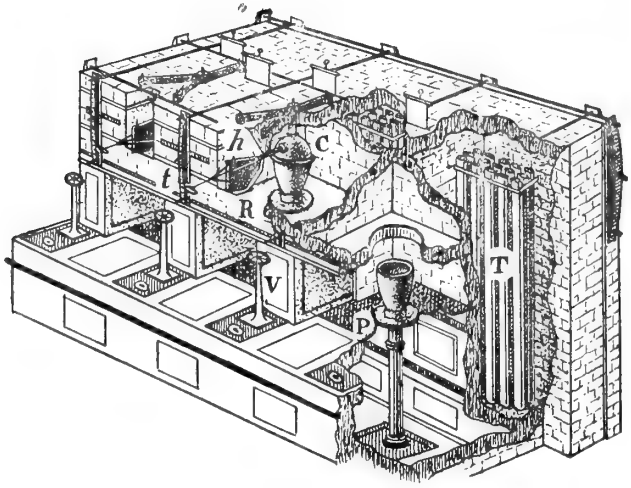


FIG. 1. — Four Castner pour la fabrication du sodium.

C, creuset muni de son couvercle et occupant une des chambres de chauffage. — P, monte-charges hydraulique servant à monter et descendre les creusets. — V, volant de commande du monte-charges. — R, condenseur où se liquéfient les vapeurs de sodium. — *h*, évent par où se dégagent l'hydrogène et l'oxyde de carbone. — *t*, tringle servant au nettoyage du tuyau de dégagement. — T, séries de tubes où les flammes perdues échauffent l'air destiné à brûler le gaz du gazogène.

la partie antérieure des condenseurs ; l'aspect de la flamme permet de juger de la marche de la distillation.

Le four est chauffé au gaz d'un gazogène Wilson. En

même temps que le combustible, on y introduit de l'air préalablement chauffé dans une série de tubes T, enveloppés par les flammes perdues dans la partie postérieure du four.

Lors de la mise en train des appareils, la réduction et la distillation durent deux heures. Au bout de ce temps on descend les creusets, on les enlève de la plateforme au moyen de fortes pinces montées sur des roues, on les nettoie et, pendant qu'ils sont encore au rouge, on les charge de nouveau. Sept minutes suffisent pour retirer, vider, remplir et remettre les cinq creusets de chaque four. Comme ils ont gardé presque toute leur chaleur, le temps requis pour une opération complète est réduit à une heure et dix minutes.

Dans ce procédé, la température peut être beaucoup plus basse; d'après M. Castner on ne dépasse jamais 1000°. Aussi l'usure des appareils est-elle plus lente.

Le résidu de carbonate sodique, traité par la chaux suivant les procédés ordinaires, rend les deux tiers de la soude caustique employée; le fer se retrouve également : on l'utilise de nouveau en le faisant bouillir avec du goudron frais.

A l'usine d'Oldbury, les quatre fours en activité pouvaient, dès 1887, fournir plus d'une tonne de sodium par jour au prix commercial de fr. 2,75 le kg. Après la fabrication, le métal est aussitôt moulé et plongé dans du pétrole raffiné au sein de grandes cuves soigneusement mises à l'abri de l'eau et du feu.

Préparation du chlorure double d'aluminium et de sodium. — Cette préparation a également été perfectionnée d'une manière remarquable.

Le mélange d'alumine, de chlorure de sodium et de carbone est broyé mécaniquement dans un malaxeur. Il en sort en cylindres agglomérés qu'on découpe en morceaux de 7 centimètres. Introduit aussitôt dans des cornues hori-

zontales de 3,60 m. de longueur, chauffées au gaz du gazogène, il est d'abord séché pendant quatre heures, et soumis ensuite à un courant de chlore, régulièrement fourni par de grands gazomètres de plomb.

Malgré la pureté des matières premières employées, le chlorure brut est toujours coloré, du jaune au rouge foncé, par du chlorure ferrique provenant de l'action du chlore sur les appareils. En le fondant avec une petite quantité de poudre d'aluminium ou de sodium, M. Castner a réussi à le rendre blanc et peu déliquescent et à abaisser sa teneur en fer de 1,5, à 0,01 p. c. Si l'on se rappelle qu'il faut dix kilogrammes de chlorure double pour en fabriquer un d'aluminium, on comprendra l'importance de cet affinage, fort simple d'ailleurs et peu coûteux, au point de vue de la pureté du métal à extraire.

Extraction de l'aluminium. — M. Castner n'a guère modifié la méthode de Deville. La décomposition du chlorure double par le sodium se fait dans un four à réverbère à sole elliptique inclinée vers le trou de coulée. Une porte mobile permet de brasser les matières. Le sodium est découpé à la machine en tranches minces, et le chlorure raffiné, broyé avec le tiers de son poids de cryolithe qui agira comme fondant. Les deux substances, montées au-dessus du four à réduction, passent dans un tambour tournant où se fait le mélange, et tombent de là dans un petit wagonnet sur rails. Quand le four est au rouge blanc, on intercepte la flamme au moyen d'un registre, le wagonnet est amené au-dessus du centre du four, puis les matières sont introduites aussi doucement que possible à travers un ouvreau ménagé dans la voûte. La réaction, immédiate et très vive, s'accompagne d'un bruit sourd caractéristique. Quand elle se ralentit, on chauffe de nouveau, pendant environ deux heures, pour liquéfier parfaitement la masse et pour permettre à l'aluminium de se rassembler sur la sole. Enfin, on fait sauter

le bouchon de terre réfractaire qui ferme le trou de coulée, et le métal s'échappe en un filet d'argent dans les lingotières. On le débarrassera des scories par deux ou trois fusions successives. Les résidus sont reçus dans un wagonnet de fer. Aussitôt on bouche le trou de coulée et le four est prêt pour une nouvelle opération.

Pour fournir 1000 kg. d'aluminium, le procédé Deville-Castner exige 2870 kg. de sodium, 10 200 de chlorure double, 3700 de cryolithe et 8000 de charbon. Le métal obtenu titre au moins 99 p. c. d'aluminium.

Dès 1888, on était outillé, à l'usine d'Oldbury, pour une production journalière de 1500 kg. d'aluminium à 35 fr. le kilogramme.

De si brillants débuts donnaient certes les meilleures garanties pour l'avenir.

Et pourtant, l'*Aluminium Company Limited* vient de renoncer à produire l'aluminium par voie chimique. Malgré son titre qu'elle gardera, la compagnie ne fabriquera plus que du sodium, si du moins le marché est suffisant. Le motif qu'elle allègue est la baisse excessive de l'aluminium. Ce qui a emporté cette décision remarquable, c'est l'électricité, de l'aveu même du président de la Compagnie, M. Balfour, membre de la Chambre des Communes. Les nouvelles méthodes de production de l'aluminium par l'électrolyse donnent des résultats tels que la lutte ne semble plus possible (1).

La déchéance presque fatale des procédés chimiques d'extraction des métaux difficilement réductibles semble pronostiquée par un autre événement non moins instructif pour les partisans de l'électrométallurgie.

M. Castner, l'un de leurs promoteurs les plus ingénieux, vient de proposer, pour la fabrication du sodium, une méthode entièrement électrique.

(1) *La Lumière électrique*, t. XLII, 17 oct. 1891, 128.

Le procédé, semblable à celui de Davy, consiste à électrolyser directement de la soude caustique, mais à la température la plus basse possible, et à éliminer le sodium, aussitôt qu'il se produit, de manière à éviter les recompositions et l'usure des appareils.

La figure 2 représente, dans ses traits essentiels, le dispositif adopté.

Une auge en fer *a* reçoit en CC l'électrode négative, à garniture de soude figée K, et en A l'électrode positive,

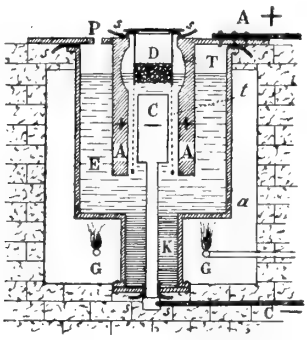


Fig. 2. — Appareil électrolytique de Castner pour la production du sodium.

a, auge en fonte contenant de la soude caustique liquide en E et figée en K. — G, brûleurs à gaz destinés à chauffer le bain. — AA, électrode en fonte communiquant avec le pôle + du générateur du courant. — CC, électrode négative. — *ssss*, joints en amiante faisant fonction d'isolateurs. — P, évent pour le dégagement du gaz. — T, trémie munie d'une toile métallique *t*.

toutes deux en métal et reliées à la dynamo par les barres A et C.

L'électrode positive A, isolée par des joints à l'amiante *s*, entoure l'électrode négative C à une distance suffisante pour laisser passer la trémie en fer T et son prolongement en toile métallique *t*.

L'auge *a* est chauffée d'abord par des becs de gaz G, pour fondre la soude caustique E, dont la température,

maintenue ensuite par le passage seul du courant, ne doit pas dépasser, pendant son électrolyse, 330° degrés environ, c'est-à-dire ne pas être supérieure de plus de 20° au point de fusion de la soude caustique.

Après avoir décomposé l'eau qui s'évapore de la soude dans les premiers instants du chauffage, le courant commence aussitôt l'électrolyse de la soude, dont le sodium, plus léger, monte du pôle négatif C, avec l'hydrogène, en D, d'où on l'enlève au moyen d'une passoire qui ne retient que le sodium et laisse écouler la soude fondue.

Les gaz dégagés de l'électrolyse s'échappent par le regard P, qui permet aussi de contrôler la température du bain au moyen d'un thermomètre.

Les électrodes doivent être proportionnées à l'intensité prévue du courant; si elles sont trop étendues, la température s'élève, une partie des éléments électrolysés s'absorbent et se recombinent dans le bain de soude caustique aux dépens du rendement (1).

Procédé Netto.

Le procédé dû à M. Curt Netto de Dresde et exploité depuis 1889 par l'*Alliance Aluminium Company,* à Wallsand, près Newcastle en Angleterre, faisait au procédé Deville-Castner une très sérieuse concurrence.

Ce procédé consiste dans la réduction, par le sodium, de la cryolithe $Al_2F_6,6NaF$, fluorure double de sodium et d'aluminium :

$$Al_2F_6,6NaF + 6Na = 2\,Al + 12NaF.$$

Les travaux de M. Netto ont été préparés par Percy, Rose, Dick, Deville et les frères Tissier.

(1) *La Lumière électrique*, t. XLII, 12 déc. 1891, 513.

En 1855, Percy présenta à l'*Institution royale de la Grande Bretagne* un échantillon d'aluminium obtenu par la réduction du fluorure double d'aluminium et de sodium (1).

La même année, Henri Rose eut l'idée de remplacer le chlorure d'aluminium par le fluorure, ou mieux encore par les combinaisons de ce dernier avec les fluorures alcalins, combinaisons déjà connues alors grâce aux travaux de Berzélius. Ce savant avait établi que la cryolithe n'est autre chose qu'un fluorure double d'aluminium et de sodium, équivalent au chlorure double.

Rose présuma que la cryolithe, très fixe, facilement pulvérisable et non hygroscopique, vaudrait mieux pour la réduction par le sodium que le chlorure d'aluminium et sa combinaison avec le chlorure sodique. La rareté du minéral l'empêcha d'abord de le vérifier expérimentalement. Mais à la suite de la découverte d'un gisement considérable de cryolithe dans le Groenland, le prix de ce minéral s'abaissa en 1855. A Berlin, il en arrivait de grandes cargaisons pour la fabrication de la soude.

Rose chargea donc dans un creuset des couches alternantes de poudre de cryolithe et de sodium, les recouvrit de chlorure de potassium comme fondant, et ferma le creuset au moyen d'un couvercle de porcelaine. Après une demi-heure de fusion, il retirait de la scorie des globules de 0,3 à 0,5 gr. qu'il refondait sous du chlorure de potassium. Le rendement était mauvais ; 10 gr. de cryolithe renferment 1, 3 gr. d'aluminium. Les quantités recueillies variaient, suivant le degré de chaleur, de 0,3 à 0,8 gr.

Deville, à la suite de Rose, réalisa aussi la réduction de la cryolithe artificielle. Quelque temps après, le nouveau procédé était industriellement exploité par les frères Tissier à leur usine d'Amfreville-la-mi-Voie, près Rouen (2).

(1) *Poggendorf's Annalen der Physik und Chemie*, 1855, VI, 152.
(2) Ch. et Al. Tissier, *L'Aluminium et les métaux alcalins*, 1858, 189.

La cryolithe pouvait jadis être apportée en France à un prix assez bas pour qu'on ait songé à transformer ce minéral en sel de soude ordinaire. Pour l'extraction de l'aluminium, la pratique a appris qu'il valait mieux n'employer que la cryolithe artificielle, parce que les gisements naturels sont tous plus ou moins souillés de quartz ou de fer. On l'obtient aisément, du reste, au moyen du spath fluor ou fluorure de calcium naturel CaF_2, ou des scories riches en fluorures qu'elle laisse après réduction par le sodium (1).

Nous avons dit que M. Netto utilise le sodium comme réducteur. Ainsi que ses rivaux, il s'est attaché à rendre cet intermédiaire moins onéreux, en perfectionnant sa fabrication.

Fabrication du sodium. — D'après M. Netto, l'emploi du carbure de fer et de la soude caustique n'aurait pas donné les résultats que M. Castner s'en était promis ; il exigerait encore une température trop élevée pour permettre d'opérer dans des vases de fonte. Or la fonte est le métal de la grande industrie ; il coûte beaucoup moins que l'acier et le fer forgé. On pouvait songer à faire de ce côté quelques économies.

M. Netto admet que lorsque les creusets à réduction viennent de recevoir une charge nouvelle, ils fonctionnent à une chaleur modérée. Mais, selon lui, l'équation théorique

$$NaOH + C = Na + H + CO$$

et les autres qu'indique M. Castner sont loin de donner une idée juste des réactions effectives qui ont lieu simultanément. Il se forme toujours de l'anhydride carbonique qui se combine avec la soude :

$$4\,NaOH + 2C = Na_2CO_3 + 2Na + 4H + CO$$

(1) *Moniteur scientifique*, 1889. 1373. — *Bulletin de la Société chimique de Paris* [2], XXI, 24.

Le carbonate est réduit à son tour ou, s'il reste inattaqué en présence du charbon, il dilue les matières réagissantes. Dans l'un et l'autre cas, il est nécessaire de donner un coup de feu et d'employer des cornues en acier ou en fer forgé, capables de mieux résister à la chaleur. Ces cornues, outre leur prix élevé, sont rapidement mises hors d'usage par la soude fondue qui en pénètre et élargit les pores.

Pour pouvoir se servir de la fonte ordinaire, M. Netto essaya d'abaisser la température de la réaction, en éliminant le carbonate sodique au fur et à mesure de sa formation. Il y réussit ; voici sa méthode.

Les cornues en fonte de fer C (fig. 3) sont remplies jusqu'aux deux tiers de leur hauteur d'un charbon spécialement préparé ; elles ont le fond muni d'un tube recourbé O à fermeture hydraulique. Durant le fonctionnement, la soude caustique, fondue dans un appareil séparé S, coule en filet mince mais continu sur la colonne de charbon préalablement chauffé au rouge. A ce contact, une partie de l'alcali est réduite ; l'autre se carbonate, suivant les équations données ci-dessus. Le carbonate s'écoule aussitôt par l'orifice inférieur O dans un wagonnet à scories W, tandis que le sodium se dégage, avec l'hydrogène et l'oxyde de carbone, par une tubulure adaptée à la partie supérieure de la cornue. Au passage, le métal alcalin se liquéfie dans le condenseur R. Une fois par jour, on renouvelle la provision de charbon ; c'est le seul arrêt dans la fabrication.

A Wallsand, une seule cornue fournit environ 40 kilogrammes de sodium par jour ; son remplacement n'est nécessaire qu'après une production moyenne de 750 kilogrammes (1).

Il semble que ce procédé l'emporte sur la méthode chimique de M. Castner par la grande simplicité des appareils et des manipulations.

(1) *Zeitschrift für angew. Chemie*, 1889, 448. — *Moniteur scientifique* [4], IV, 161.

Extraction de l'aluminium. — M. Netto extrait l'aluminium par l'action du sodium sur la cryolithe en fusion :

$$Al_2F_6,6NaF + 6Na = Al_2 + 12NaF.$$

Au moment du contact, le dégagement de chaleur est intense ; il intervient utilement pour maintenir la masse en pleine fusion et favoriser la réunion en un seul culot de l'aluminium déplacé.

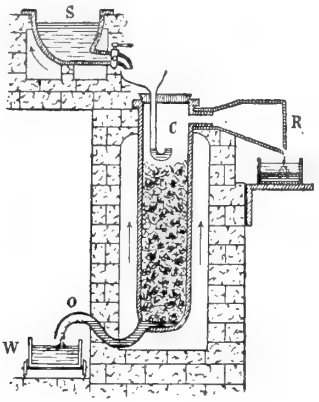


Fig. 3. — Appareil Netto pour la préparation du sodium.

C, cornue renfermant du charbon réducteur. — O, tuyau par où s'écoule le carbonate sodique dans le wagonnet W. — S, cuve à soude caustique. — R, condenseur du métal réduit.

Dans la pratique, on chauffe 100 kg. de cryolithe avec autant de sel marin comme fondant, dans un four à sole à flamme directe. Au bout d'une heure et demie, la masse est parfaitement fluide. On la coule alors dans un creuset en fer chauffé, porté par des tourillons et pouvant basculer à la façon des convertisseurs Bessemer. On y introduit aussitôt un tiers seulement du sodium nécessaire pour réduire toute la charge. Un fort bouillonnement se

produit. Quand il a cessé, on coule la scorie dans un second creuset où on achève la réduction en ajoutant les deux tiers restants du sodium préparé. Ce traitement fractionné a pour effet de purifier le métal. Les composés ferriques et siliciques, toujours mêlés aux matières premières ou formés aux dépens des appareils, sont beaucoup plus facilement réductibles que le fluorure d'aluminium. Ils sont réduits d'abord ; aussi recueille-t-on dans le premier creuset un culot assez impur, utilisable dans la métallurgie pour la fabrication des alliages, tandis que la scorie *raffinée* fournit, dans le second creuset, un aluminium au titre d'environ 99 p. c.

Comme on le pense bien, il importe de laisser le sodium le moins longtemps possible en contact avec la cryolithe ; car, à la température de la réaction, le métal alcalin se volatilise rapidement et donne lieu à des actions secondaires, ce qui compromet beaucoup la pureté de l'aluminium et occasionne des pertes considérables. A cet effet, on moule le sodium, exempt de toutes traces de carbures, en blocs d'environ 2,5 kg. Ces blocs sont immergés dans la masse fondue à l'aide d'une plaque ronde et concave en tôle perforée, fixée à une tige verticale, portant elle-même une barre transversale en fer, au moyen de laquelle deux ouvriers l'abaissent ou la relèvent alternativement dans le creuset jusqu'à ce que la réaction soit terminée.

Ce procédé opératoire réduit considérablement les pertes par volatilisation et par combustion du métal alcalin. Encore le rendement est-il inférieur à celui que la théorie permet d'espérer. Pour l'améliorer, on peut remplacer le creuset ouvert par un récipient cylindrique complètement fermé (fig. 4), traversé suivant son axe d'un gros tuyau B servant au chauffage. Ce tuyau reçoit en G du gaz et en A l'air nécessaire à la combustion. Quand l'appareil est suffisamment chauffé, on introduit par l'ouverture O la cryolithe et le sel marin fondus, et on coule de même le sodium. On ferme le tampon O, on intercepte le

courant de gaz et on met le cylindre en rotation à l'aide de la poulie X à laquelle il est assujetti. La réaction terminée, on redresse le cylindre, et on fait sortir le contenu par le trou de coulée D dans une grande poche en fer. Après refroidissement, l'aluminium se trouve réuni en culot au fond du moule. Chaque opération donne environ 5 kg. de métal pur.

La méthode a certains avantages incontestables. Alors que la réduction du chlorure double laisse une scorie ne renfermant guère que du chlorure de sodium sans valeur,

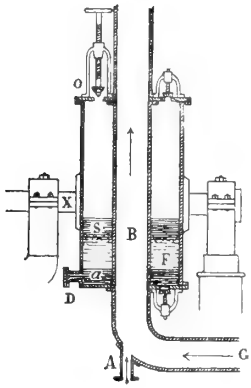


Fig. 4. — Convertisseur Netto pour la réduction de la cryolithe par le sodium.

B, tuyau de chauffage. — G, arrivée du gaz. — A, appel d'air. — O, ouverture pour l'introduction des matières réagissantes. — D, trou de coulée. — X, axe de rotation. — S, sodium réducteur. — F, fluorure double à réduire. — A, aluminium réduit.

la fusion de la cryolithe donne une scorie riche en fluorure de sodium. Celui-ci est facilement transformé en cryolithe artificielle très pure, par fusion avec du sulfate d'aluminium :

$$12NaF + Al_2(SO_4)_3 = Al_2F_6,6NaF + 3Na_2SO_4.$$

On lessive convenablement le fluorure double qui est insoluble, et on l'obtient ainsi parfaitement exempt de sulfate.

Ce n'est pas encore la réduction *directe* de l'alumine, mais la mise en pratique de réactions intermédiaires simples et peu coûteuses.

En théorie, pour produire 1 kg. d'aluminium, il faut environ 2,5 kg. de sodium ; en pratique, ce rapport reste sensiblement plus élevé et s'établit, dans les meilleures conditions, à 1 : 3.

A Wallsand, la production d'une tonne d'aluminium absorbe :

Cryolithe	12	tonnes
Sel marin	12	»
Houille	20	»
Sodium	3	»

Pour la fabrication d'une tonne de sodium il faut :

Soude caustique	10	tonnes
Fonte (usure des cornues)	1,2	»
Coke (chauffage)	12	»
Charbon réducteur	1,5	»

En résumé, pour une tonne d'aluminium, le procédé Netto exige la mise en œuvre de plus de 120 tonnes de matières premières et de combustible.

Cette disproportion est de mauvais augure. M. Netto soutiendra-t-il la lutte avec les procédés électriques ?

Procédé Grabau.

Extraction de l'aluminium. — Le 10 mai 1890, M. Grabau paraît avoir essayé, avec succès, devant la Société des Chimistes de Hanovre, un procédé de réduction du fluorure d'aluminium tendant à prévenir l'usure des appareils.

Presque aucune substance ne résiste à l'action corrosive des fluorures fondus. La méthode qui nous occupe remédie à cet inconvénient : elle consiste à opérer dans un creuset maintenu à basse température.

On chauffe d'abord le fluorure d'aluminium et le sodium dans deux cornues distinctes F et S (fig. 5), puis on amène les réactifs au contact dans un récipient F, refroidi par un courant d'eau *e*.

Le sodium est admis le premier au fond du convertisseur ; le fluorure d'aluminium, infusible à la température

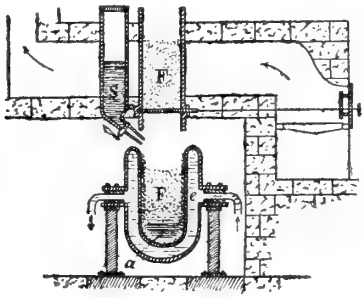


Fig. 5. Appareil Grabau pour l'extraction de l'aluminium.

F, fluorure d'aluminium chauffé. — S, sodium réducteur. — *e*, eau circulant entre les deux parois du creuset à réduction. La paroi intérieure du creuset est encroûtée par du fluorure double d'aluminium et de sodium. — *a*, aluminium réduit.

où on opère, tombe à l'état pulvérulent au-dessus du métal réducteur. Une vive réaction se produit :

$$2Al_2F_6 + 6Na = 2Al + Al_2F_6, 6NaF.$$

Le fluorure double qui prend naissance est moins fusible que l'aluminium ; il se solidifie partiellement sur les parois du creuset, formant ainsi une couche protectrice qui empêche les sels en fusion d'attaquer les appareils.

Avant la solidification, on verse les produits obtenus dans un moule, où ils se séparent par couches distinctes.

Préparation du sodium. — M. Grabau obtient le sodium par voie électrolytique, en soumettant à l'action du courant du sel marin fondu.

Son appareil est un creuset en fer B (fig. 6), à double paroi, pouvant être chauffé jusqu'à fusion du chlorure de

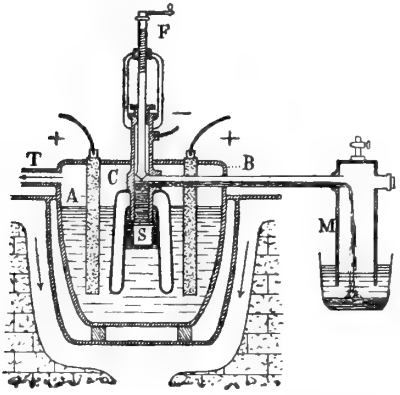


Fig. 6. — Appareil Grabau pour l'électrolyse du chlorure de sodium.

B, creuset en fer renfermant du chlorure de sodium fondu. — A, anodes en charbon. — C, cathode tubulaire en fer, munie d'une cloche de porcelaine où se ramasse le sodium électrolysé S. — F, foret permettant de dégager le tube C. — T, ouverture pour le dégagement du chlore. — M, réservoir où le sodium réduit s'amasse à l'abri de l'air sous une couche de pétrole.

sodium. Dans le sel, au milieu de l'appareil, plongent l'électrode négative tubulaire C, munie à sa base d'une cloche en porcelaine, et deux plaques de charbon A servant d'électrodes positives. Quand le courant passe, le chlore apparaît autour des électrodes positives A et se dégage en T ; le sodium S s'accumule sur l'électrode négative C, dans la cloche de porcelaine. Plus léger que son

chlorure fondu, il surnage et s'échappe, par un tuyau, vers le réservoir M, rempli d'azote ou d'hydrogène et plongeant dans du pétrole. Pour débarrasser l'électrode tubulaire C, on abaisse le foret F.

Le prix de l'aluminium est tombé, depuis 1887, de 93 fr. à 6,25 fr. le kg. Cette baisse formidable est due sans contredit à l'application des méthodes électriques qu'il nous reste à décrire.

C'est compromettant pour les méthodes chimiques.

Grâce à des hommes de talent, elles se sont pliées pendant quelque temps à la nécessité d'une production économique de l'aluminium, jusqu'à atteindre dans la fabrication un degré de perfection vraiment remarquable ; mais soutiendront-elles cette lutte à forces inégales? Le lecteur connaît le sort de l'*Aluminium Company Limited*. Le fait que l'administration comptait des chimistes de la valeur de sir Henry Roscoe ne permet pas de douter que le matériel n'ait été excellent et le mode d'exploitation irréprochable.

Fr. Dierckx, S. J.

(La fin prochainement.)

UNE HISTOIRE DES RACES HUMAINES

d'après le Dr R. Verneau.

I

Ce n'est pas aux lecteurs de la *Revue des questions scientifiques* qu'il est nécessaire d'apprendre que l'anthropologie, l'ethnographie, la linguistique et la géographie ont fait dans ces dernières années des progrès considérables. Malheureusement, pour qui n'est pas savant de profession, il est assez difficile de connaître l'ensemble des résultats acquis, parce que le temps manque, et qu'il faudrait dépouiller une multitude de brochures, de notes, d'articles de revues et de journaux souvent peu accessibles. C'est donc rendre un véritable service aux hommes instruits que de " grouper dans une sorte de manuel toutes les données principales recueillies jusqu'à ce jour sur l'espèce humaine et ses races, et de présenter ces notions dans l'ordre méthodique commandé par la science, pour en faire saisir l'enchaînement „ (1). Ce service, M. le Dr Verneau s'est proposé de le rendre, en publiant son livre sur les *Races humaines,* et nous pouvons ajouter qu'il l'a réellement rendu. Car tous ceux qui liront cet important travail verront de combien de lectures inutiles et de recherches infructueuses il les a dispensés, en réunissant et en classant, comme dans un dictionnaire, toutes

(1) Préface, par A. de Quatrefages, membre de l'Institut, p. vi.

les données éparses sur les races humaines. L'homme du monde intelligent et curieux, le diplomate, le commerçant, le futur anthropologiste, sans oublier le missionnaire et l'apologiste, ont donc à profiter de cet ouvrage et n'en peuvent qu'être reconnaissants au docte préparateur du Muséum.

M. le Dr Verneau semblait du reste tout désigné pour un travail de ce genre. Collaborateur, au laboratoire d'anthropologie, de M. de Quatrefages, qui s'est chargé de présenter son livre dans une remarquable préface, auteur de travaux scientifiques originaux tels que son *Voyage aux Canaries,* d'ouvrages de vulgarisation tels que l'*Enfance de l'humanité,* entouré des plus riches matériaux d'études et sachant les faire valoir, M. Verneau avait tout ce qu'il faut pour initier le public instruit aux découvertes de l'anthropologie et de l'ethnographie. Un style facile, simple, clair, comme il convient à un livre de ce genre, en rend la lecture agréable. Pourquoi faut-il qu'une défiance peu justifiée à l'égard non seulement de la religion chrétienne, mais en général de toutes les manifestations religieuses, se fasse jour trop souvent à travers ces pages, et éclate parfois en des tirades déclamatoires qu'on s'étonne de trouver en un livre sérieux? Nous pourrions en apporter des exemples; il nous suffira de faire ici cette réserve, la plus grave que nous ait inspirée la lecture des *Races humaines.*

M. Verneau divise son livre en trois parties : 1° notions d'anthropologie générale; 2° étude des races fossiles et des races préhistoriques; 3° étude des races actuelles.

Il va sans dire que la troisième étude est de beaucoup la plus considérable, puisqu'elle comprend toutes les races vivant actuellement sur la surface du globe. Pour procéder avec ordre et méthode en un sujet d'une pareille étendue, il fallait adopter une classification des races humaines. L'auteur s'en tient généralement, et sauf de très rares exceptions, à celle que M. de Quatrefages, son maître, a proposée dans son *Histoire générale des Races humaines.* Mais, pas plus que le maître, le disciple ne cherche à imposer sa classification comme le dernier mot de la science. Il sait trop bien que sur certaines races les recherches sont incomplètes, que des découvertes ultérieures peuvent amener des modifications dans le classement, que certaines familles se sont tellement mélangées qu'il est impossible de leur assigner une place précise dans un arbre généalogique. Quoi qu'il en soit, à titre provisoire, il trace trois tableaux qui comprennent toutes les races connues (sauf les races mixtes de l'Océanie

et de l'Amérique). Le premier (1) contient les races nègres divisées en deux branches indo-mélanésienne et africaine; le second (2) renferme les races jaunes réparties en quatre branches : sibérienne, thibétaine, indo-chinoise et américaine; le troisième (3) embrasse toute la race blanche et se divise en branches allophyle, finnique, sémitique et aryane. Quoique ces dénominations de noirs, de blancs et de jaunes (surtout les deux premières) soient souvent défectueuses et ne répondent pas toujours à la réalité, ainsi que l'observe M. Verneau, elles sont si bien consacrées par l'usage qu'il serait à l'heure actuelle difficile de les remplacer par des termes plus précis et qu'il vaut mieux les conserver. Cette remarque faite, M. Verneau consacre un livre à la race noire, un autre à la race jaune, un troisième à la race blanche, et, dans deux sortes d'appendices, il examine les races mixtes d'Océanie et d'Amérique.

Mais c'est l'homme tout entier, avec les manifestations de sa vie intellectuelle, morale, sociale et religieuse, et non pas seulement son squelette, que l'auteur a la prétention de décrire. Il ne croit pas, et nous l'en félicitons, que tout soit dit sur l'homme quand on a mesuré jusqu'au dernier os de son squelette, scrupuleusement pesé son cerveau, noté la couleur exacte de ses yeux et de son teint. Sans doute ces caractères physiques et anatomiques sont importants et précieux, mais ils ne sont pas les seuls dont il faille tenir compte dans une classification des races humaines.

Les caractères intellectuels, moraux, sociaux et religieux des diverses races humaines, leurs industries particulières, leur distribution géographique et au moins les principaux traits de leur histoire (quand elles en ont une), sont des données que l'anthropologiste ne doit pas négliger, et il faut féliciter M. Verneau de les avoir mises en relief. Sous les titres que nous venons d'indiquer, en y ajoutant les caractères physiques qui viennent au premier rang, on trouvera, à propos de chaque race, toutes les données qui peuvent aider à la faire connaître soit en elle-même, soit dans son rôle civilisateur. A côté des descriptions, on trouve presque à chaque page des gravures, surtout des photographies d'hommes, de costumes, de paysages, des reproductions d'armes, d'outils, de bijoux, en un mot tout

(1) *Races humaines*, p. 126.
(2) *Ibid.*, p. 350.
(3) *Ibid.*, p. 488.

un ensemble de documents empruntés soit aux collections du laboratoire d'anthropologie, soit au musée du Trocadéro, qui font vivre continuellement le lecteur au milieu des races étudiées. Il n'y a pas de cartes, parce qu'il aurait fallu charger le volume d'un atlas complet, ce qui était parfaitement inutile, chacun pouvant recourir au sien.

II

L'ouvrage débute, avons-nous dit, par des notions d'anthropologie générale. Sous ce titre, M. Verneau étudie ou plutôt résume avec beaucoup de clarté et de méthode les questions fondamentales qui touchent à l'histoire de l'espèce humaine. Quelle est la place de l'homme dans la nature? Quels sont les caractères distinctifs de l'homme et de l'animal? Puis il aborde les questions si débattues d'origine, de filiation et d'antiquité. Transformisme, monogénisme ou polygénisme, état primitif de l'homme, homme tertiaire, etc... sont autant de problèmes actuels qui se présentent à propos de l'origine et de l'antiquité de l'espèce humaine et qu'on ne peut passer sous silence. Enfin on doit encore se demander quelle est la patrie de l'humanité primitive, comment les races se sont formées, comment elles se sont répandues et acclimatées sur la surface du globe.

Les solutions et les réponses données par l'auteur sont généralement conformes à l'enseignement de M. de Quatrefages dans ses cours et ses diverses publications, notamment dans son beau livre sur l'*Espèce humaine*. Nous n'avons pas à les reproduire dans un article de ce genre, et nous nous contenterons de quelques observations critiques.

M. Verneau n'hésite pas à reconnaître que l'homme occupe dans la nature une place à part. " Le peu que je viens d'en dire (des caractères intellectuels, etc.), écrit-il, suffira à montrer la distance qui nous sépare des animaux les plus voisins de nous. C'est en effet dans les phénomènes intellectuels que réside la véritable caractéristique de l'humanité. Assurément nous différons des autres mammifères par certaines particularités anatomiques, mais nous leur ressemblons aussi par beaucoup de détails de notre organisation physique ; aucun ne se rapproche de nous par son intelligence „ (1). Dès lors nous ne compre-

(1) *Races humaines*, p. 7.

nons pas sa répugnance à admettre *le règne humain* de M. de Quatrefages, ce règne caractérisé surtout par des phénomènes de moralité et de religiosité qui se rattachent eux aussi à l'intelligence humaine. Et nous comprenons encore moins les raisons minuscules (1) qu'il apporte pour justifier sa répugnance.

Dans la question du transformisme, M. Verneau va un peu plus loin que son maître, et nous ne pouvons pas l'en blâmer. Après avoir rappelé l'arbre généalogique de Haeckel, et le portrait fantaisiste que fait Darwin de l'homme-pithécoïde, M. Verneau continue : " Que faut-il penser de cette généalogie?... Certes de nombreuses lacunes existent encore dans nos connaissances, et l'avenir nous réserve peut-être bien des surprises. Ce qu'on peut affirmer, c'est qu'à l'heure actuelle aucun fait ne permet de regarder comme réelle l'existence de l'homme-pithécoïde. Pourtant il ne faudrait pas trop se hâter de rejeter le transformisme, même s'il était démontré que la filiation de Haeckel ne répondît pas à la réalité. L'arbre généalogique de ce savant pourrait être faux, sans que la doctrine fût erronée pour cela. Or, des naturalistes d'une valeur incontestable et d'une prudence qui fait peut-être défaut à Haeckel, n'hésitent pas à se déclarer transformistes, et il faut bien attacher quelque valeur à leur opinion. D'un autre côté la paléontologie..., depuis un demi-siècle, nous a fait connaître une multitude de types disparus, dont on ne soupçonnait pas l'existence auparavant, et parmi eux il en est, comme l'Archæoptérix, qui offrent des caractères intermédiaires... La question n'est donc pas encore élucidée, mais il est prudent de ne pas se montrer trop systématique, et de tenir compte des enseignements que nous apporte journellement la science „ (2).

Cette attitude expectante et réservée est celle qui convient à tous en face de ce difficile problème. Il faut se défier de l'engouement d'une école pour qui le transformisme est un dogme sacré et indiscutable ; mais il ne faut pas moins éviter les exagérations des peureux qui crient au scandale chaque fois qu'un catholique témoigne quelque faveur pour la doctrine de l'évolution. De part et d'autre on a tort. Pourquoi vouloir imposer le transformisme au nom de la science, puisque, selon la juste remarque de M. Verneau, elle ne l'a pas encore démontré ? Pourquoi le repousser *à priori* au nom de la foi, puisque la foi est

(1) *Races humaines*, p. 3.
(2) *Ibid.*, p. 9.

désintéressée dans la question du *comment* de la création ? Elle nous enseigne seulement que Dieu est le créateur de toutes choses, et qu'il a fait l'homme à son image et à sa ressemblance. En dehors de là, elle laisse la parole à la science (1). Sachons donc attendre, et jusque-là n'anathématisons personne, ni ceux qui croient devoir faire à la liberté (2), dans l'interprétation des textes sacrés, une part plus large que celle qu'on lui avait laissé prendre jusqu'ici, ni même ceux qui, avec les réserves que la foi impose, soutiennent franchement et carrément l'idée transformiste (3)? N'est-ce pas de ces discussions sincères et loyales que finira par jaillir la lumière ?

Personne ne conteste l'existence de l'homme à l'époque quaternaire, et encore moins de l'homme dit préhistorique; les preuves qui l'attestent sont connues, mais peut-être n'était-il pas inutile d'en faire un bon résumé que l'on trouvera ici. Quant à l'homme tertiaire, c'est tout différent, et ses partisans se compteraient assez facilement. M. de Quatrefages reste, on le sait, un des plus convaincus. A-t-il réussi à faire passer sa conviction dans l'esprit de son disciple? Nous n'en sommes pas aussi certain qu'on devrait l'être en entendant M. de Quatrefages se féliciter, dans sa préface, d'avoir converti M. Verneau à sa manière de voir. Et ce qui motive nos hésitations, c'est la conclusion que donne M. Verneau à son étude de l'homme tertiaire : " Malgré tout, conclut-il, nous comprenons les hésitations de certains savants. Les découvertes relatives à l'homme tertiaire sont encore peu nombreuses, et plus d'une laisse prise à la critique; aucune même n'est susceptible d'entraîner l'assentiment de tous. L'avenir viendra-t-il éclairer complètement cette question ? Il est permis de l'espérer... Pourtant, si on réfléchit au long espace de temps qui s'est écoulé depuis l'époque miocène, et par suite aux chances de destruction auxquelles ont été exposés les restes de l'homme et de son industrie; si on tient compte de ce fait que notre espèce ne devait être représentée alors que par un nombre restreint d'individus, on comprendra qu'il ne faille

(1) M. le chanoine Duilhé de St-Projet, dans son *Apologie scientifique de la foi chrétienne*, 3e édition, 1891, a indiqué, d'une façon remarquable, la part que la foi revendique et celle qui revient à la science humaine dans les questions de cette nature.

(2) Cf. Revue des questions scientifiques, janvier-avril 1889, *Le Transformisme et la discussion libre*, par M. de Kirwan.

(3) *L'Évolution restreinte aux espèces organiques*, par le R. P. Leroy, dominicain. Paris, 1891.

pas espérer rencontrer autant de traces de nos ancêtres dans les couches tertiaires que dans celles de l'époque quaternaire „ (1). On le voit, c'est loin d'être la conviction enthousiaste de M. de Quatrefages; n'est-ce pas plutôt une conviction résignée et provisoire ?

Quoique le sujet soit devenu banal à force d'être rebattu, il nous faut pourtant ajouter ici un mot de la chronologie dite biblique, et des six mille et quelques années auxquelles elle est censée faire remonter la création de l'homme. C'est M. Verneau qui nous y provoque par son insistance à nous présenter ce chiffre de 6000 ans comme l'expression de l'enseignement catholique sur ce sujet. Or rien n'est plus contestable, et pour s'en convaincre, il lui suffira de parcourir le petit opuscule que publiait, il y a quelques vingt ans, le P. de Valroger, sur l'*Age du monde et de l'homme d'après la Bible et l'Église*. Il le terminait par ces paroles : " Pas plus que la Bible, l'Église n'a tracé un système dogmatique de dates précises strictement enchaînées, renfermant l'histoire primitive du monde et de l'homme dans un cadre étroit et inflexible. Pas plus que la Bible, l'Église ne conteste aux géologues, aux archéologues, aux chronologistes le droit de chercher scientifiquement la mesure des temps écoulés depuis la création du monde et de l'homme, ou depuis le déluge, qui termina le premier âge du règne humain „ (1). Et qu'on ne dise pas que c'est là l'opinion particulière du savant oratorien, car on la retrouve équivalemment exprimée dans tous les manuels bibliques en usage dans les séminaires français ou étrangers. En un mot, c'est l'enseignement courant et commun dans les écoles catholiques. M. Verneau n'a qu'à ouvrir un de ces manuels pour vérifier l'exactitude de notre observation, et nous avons trop de confiance en sa loyauté pour douter qu'il ne fasse pas droit à notre légitime réclamation dans la prochaine édition de son livre.

III

Aux races fossiles et préhistoriques, M. Verneau consacre une étude complète sans être trop surchargée de détails. Il nous conduit ainsi jusqu'à l'âge du fer qui touche aux premiers temps

(1) *Races humaines*, p. 28.
(2) *Op. laud.*, p. 144.

historiques, et dans bien des cas rentre dans le cadre même de l'histoire, après nous avoir fait connaître successivement l'homme tertiaire, les races quaternaires de Saint-Acheul, du Moustier, de Solutré, de Cro-Magnon, puis les peuplades qui ont apporté l'industrie de la pierre polie et construit les dolmens, enfin celles de l'âge du bronze. Notre intention n'est pas de faire ici un résumé du résumé de M. Verneau sur ces périodes si intéressantes de l'histoire de l'humanité. En ce qui concerne les races quaternaires, nous avons déjà fait ce travail dans un article intitulé : *Alluvions et cavernes* (1); nous trouverons sans doute l'occasion d'une étude analogue sur l'époque de la pierre polie quand M. Salomon Reinach nous donnera la suite de son catalogue du musée de Saint-Germain. Ici nous voulons rester dans notre rôle de critique, et présenter seulement quelques observations.

Nous avons déjà dit combien l'existence même de l'homme tertiaire était hypothétique. M. Verneau le reconnaît. On s'étonne dès lors de le voir consacrer plusieurs paragraphes à décrire les caractères, l'industrie, les vêtements, les habitations, les aliments de cet être introuvable et introuvé, et conclure en déclarant " qu'il faisait déjà de la cuisine „ ! J'avoue que l'ombre du cocher qui, avec l'ombre d'une brosse, brossait l'ombre d'un carrosse, s'est présentée à mon esprit en lisant ces descriptions d'un être insaisissable qui, avec des instruments non moins insaisissables que lui, se livre à des occupations dont il est impossible de saisir la moindre trace certaine !

Avec les races quaternaires, nous sommes sur un terrain plus solide. Mais ici encore que d'écueils à éviter ! Les partisans des longues périodes, par exemple, voudront multiplier les races, et s'exposeront à des méprises comme celle de M. de Mortillet. Il s'agissait de la race dite de Canstadt et du type féminin de cette race. " Or, nous dit M. Verneau, la différence entre les deux sexes est assez grande pour que M. G. de Mortillet ait fait, dans son tableau, une race spéciale des types d'Engis et de l'Olmo, race qui aurait vécu postérieurement à l'autre. Tandis qu'à la suite d'une étude attentive, MM. de Quatrefages et Hamy ont été amenés à ne voir dans ces crânes à caractères adoucis que le type féminin de la race dont les têtes de Canstadt, du Néanderthal et de Spy nous ont fait connaître le type masculin „ (2).

(1) Revue des questions scientifiques, juillet 1890. *Alluvions et Cavernes*, d'après M. Salomon Reinach.

(2) *Races humaines*, p. 53.

Voilà donc une race qui disparaît grâce à un examen plus attentif des pièces.

D'autres races voudraient bien changer de nom, parce qu'on s'est trop pressé de les baptiser. Ainsi celle même de Canstadt, dite aussi du Néanderthal, qui se rapporte à l'époque du Moustier. En effet, nous dit M. Verneau, " les deux crânes humains de Canstadt et du Néanderthal qui ont servi à dénommer cette race, ont été découverts dans des conditions telles qu'il est presque impossible d'en déterminer l'âge avec précision „ (1). Aussi propose-t-il plus loin de substituer à ce nom, qui repose sur une découverte mal datée, celui de *race de Spy,* localité de Belgique où MM. de Puydt et Lohest ont exhumé deux squelettes dans des conditions d'authenticité parfaite. Cet aveu significatif nous est un garant de la bonne foi du Dr Verneau ; mais ne nous autorise-t-il pas à regretter qu'on ne procède pas avec une plus sage lenteur dans l'établissement de ces nomenclatures qui, à force de complications, risquent de devenir incompréhensibles, même pour les initiés?

Un autre écueil, que M. Verneau signale à propos des classifications et des périodes de l'époque quaternaire, mérite de nous arrêter un instant. Il consiste à caractériser une période tout entière par un certain nombre de types industriels, parfois même par un seul instrument, d'autres fois par l'absence de telle ou telle industrie. C'est ainsi par exemple qu'au dire de M. de Mortillet et de son école, la hache de Chelles ou de Saint-Acheul caractériserait essentiellement l'époque où le Rhinocéros de Merck et l'Éléphant antique vivaient dans notre pays; — ainsi encore la pointe du Moustier, retouchée sur une face seulement, serait exclusivement propre à cet âge de l'humanité et ne se rencontrerait pas ailleurs ; — ainsi l'industrie de l'os n'aurait commencé qu'à l'époque de Solutré, et jusque-là, pour leurs outils ou leurs armes, nos ancêtres n'auraient utilisé que la pierre; — ainsi la poterie n'aurait pas été connue à l'époque quaternaire, et l'industrie céramique ne ferait son apparition qu'à l'âge de la pierre polie, etc. Très commode pour déterminer la place qu'un outil, une arme, un vase doivent occuper dans les vitrines d'un musée, ce système n'a qu'un inconvénient, mais il est grave, celui d'être perpétuellement démenti par les faits. Aussi M. Verneau a-t-il raison de le condamner, du moins dans un sens absolu, et les faits qu'il rapporte sont bien de nature à entraîner la convic-

(1) *Races humaines,* p. 49.

tion. Contentons-nous de citer ce qu'il dit des haches chelléennes et de leur impuissance à servir de caractéristique pour une période déterminée.

" On a trouvé, dit-il, des haches exactement comparables à nos haches de Saint-Acheul en Belgique, en Italie, en Espagne, en Algérie, en Égypte, dans la Judée, dans la Syrie, en Palestine, en Arabie et dans l'Indoustan. L'Amérique elle-même a eu ses haches chelléennes qui ont été trouvées aux États-Unis et au Mexique. Dans toutes ces contrées si diverses, il n'a pas toujours été possible d'en déterminer l'âge exact, mais quand on a pu le faire, on a constaté que presque partout elles se rencontraient dans des couches un peu plus récentes que celles de l'Éléphant antique. Aux Canaries, j'en ai recueilli moi-même des spécimens, dont les indigènes se servaient encore au XV^e^ siècle. Chez nous également on en a trouvé à des époques beaucoup plus récentes que celle dont nous nous occupons en ce moment. Il n'est donc pas permis de dire que c'est un instrument qui caractérise essentiellement le début de l'époque quaternaire, et il ne peut nullement servir à caractériser l'âge d'une couche „ (1).

Des observations analogues sur la pointe du Moustier, l'industrie de l'os, l'absence de poterie, etc., réduisent à leur juste valeur ces chronomètres industriels qui ont leur utilité, mais dont on aurait tort d'abuser et surtout de trop généraliser l'usage en dehors des localités auxquelles ils s'appliquent.

S'il faut user avec ménagement des classifications industrielles, il faut apporter une égale prudence dans les comparaisons ethnographiques, qui, elles aussi, peuvent éclairer certaines obscurités des temps quaternaires et néolithiques. M. Verneau nous a paru particulièrement intéressant à ce point de vue, et nous nous réservons d'y insister un peu lorsque nous parlerons de la race nègre.

De l'étude très méthodique et très complète de M. Verneau sur la période néolithique, nous détacherons seulement une observation personnelle.

On sait que, pour M. Cartailhac et quelques autres savants, les dolmens sont simplement des ossuaires ou reliquaires, dans lesquels on réunissait précieusement les ossements décharnés, après que la putréfaction du cadavre s'était opérée dans une première sépulture, laquelle n'avait dès lors qu'un caractère transitoire et provisoire. Cette conception du dolmen n'est pas exacte, au moins d'une façon générale.

(1) *Races humaines*, p. 51.

« J'ai moi-même, dit M. Verneau, fouillé récemment un dolmen aux Mureaux (Seine-et-Oise) ; les squelettes qu'il contenait étaient complets, et tous leurs os se trouvaient dans leur position naturelle. Il est tout à fait inadmissible que les hommes de la pierre polie aient été capables de remettre en place les os décharnés d'un cadavre, et les aient assujettis de façon à ce qu'ils ne se soient pas déplacés jusqu'à nos jours » (1).

IV

C'est à la race nègre que M. Verneau a consacré l'étude la plus complète. Utilisant les documents de toute nature qu'il avait à sa disposition, mettant à contribution les récits de voyages si précieux pour la connaissance des mœurs et des coutumes, il a fait une monographie excellente de la race noire. Elle a, sur le livre que le professeur Hartmann a intitulé les *Peuples de l'Afrique,* et qui a paru dans la *Bibliothèque scientifique internationale,* le double avantage d'embrasser les deux branches indo-mélanésienne et africaine du tronc nègre, et d'être beaucoup plus méthodique que la monographie du professeur de Berlin.

M. Verneau ne dit rien de la question *d'origine.* Où s'est constituée la race noire, dans quelle partie du monde, sous quelles influences? On ne trouvera pas, dans le livre qui nous occupe, de réponses directes à ces questions, mais il me semble qu'il contient des indications fort précieuses pour aider à les résoudre. En effet, poursuivant méthodiquement son examen de la race noire, M. Verneau nous conduit de l'extrémité septentrionale de la Malaisie jusque dans le Laristan (Perse), et nous montre, dispersés tout le long de cette route, des îlots de populations nègres, clairsemées aujourd'hui, mais ayant jadis constitué de puissants et vastes états dont le souvenir est resté dans leurs traditions. D'autre part, c'est-à-dire dans la direction de l'ouest, il nous montre la même race, avec les mêmes caractères essentiels, répandue sur toutes les côtes africaines, sauf les côtes septentrionales, et si bien établie dans l'intérieur du continent africain que le nom de Nigritie lui en est resté, sans nous dire cependant d'où venaient ces populations nigritiques. Toutefois, en jetant les yeux sur une carte, et en se rendant compte des facilités de communication surtout par mer entre l'Asie anté-

(1) *Races humaines*, p. 163.

rieure et le continent africain, on est ramené comme naturellement, par la branche occidentale de la race noire comme par la branche orientale, à ces régions situées dans le voisinage plus ou moins proche de l'Indou-Kousch où les traditions primitives, jointes à beaucoup d'autres indices, placent le berceau de l'humanité. Ce serait donc dans ces régions asiatiques (vers l'ancienne Susiane, quelque part entre le grand massif central et la mer), que la race nègre se serait constituée et caractérisée, et de là qu'elle aurait rayonné dans la double direction de l'est jusqu'aux îles du Pacifique, et de l'ouest jusque dans la Sénégambie.

Nous ne voulons pas attribuer à M. Verneau des idées qu'il ne professe nulle part explicitement et qui ne sont peut-être pas les siennes. Mais nous avons trouvé une confirmation de ces vues, qui sont les nôtres, dans la façon dont le docte professeur a présenté l'expansion et la distribution de la race nègre dans les diverses régions où elle compte aujourd'hui des représentants, et nous avons certainement le droit de le faire remarquer dans un travail de ce genre. Ajoutons, pour rendre à chacun ce qui lui est dû, que ces vues sur la patrie primitive des Nègres et leur origine asiatique, nous ont été inspirées par un remarquable mémoire du R. P. Van den Gheyn (1) qu'il a présenté au dernier congrès scientifique des catholiques, et que les lecteurs de cette *Revue* ont lu avec l'attention que méritent les consciencieux travaux du savant Bollandiste. Nous ne pouvons qu'y renvoyer nos lecteurs, pour les divers ordres de preuves qui appuient cette théorie, en les engageant à chercher dans les *Races humaines* du Dr Verneau les développements que ne comportait pas le mémoire du R. P. Van den Gheyn.

La description des divers groupes appartenant à la race noire, de leurs caractères physiques, de leur organisation sociale, de leurs industries, de leurs mœurs, de leurs croyances, etc., est un travail qui échappe à l'analyse, et pour lequel il faut de toute nécessité recourir au texte de l'auteur. Nous avons lu ses descriptions avec tout l'intérêt et tout le soin qu'elles méritent, et nous consignerons ici quelques réflexions qu'elles nous ont suggérées. Nous en pourrions apporter d'autres, mais il est une limite à tout, surtout à un modeste compte rendu.

Voici d'abord la destruction de deux légendes. Il s'agit des prétendus *hommes-grimpeurs* de la Nouvelle-Guinée, qu'on s'est

(1) Revue des questions scientifiques, avril 1891. *L'Origine asiatique de la race noire*, par le R. P. Van den Gheyn, S. J.

empressé naturellement de rapprocher des singes. Or, M. de Quatrefages, que cite M. Verneau, réduit à sa juste valeur cette assertion de quelques voyageurs dans les termes suivants. " Il fait remarquer, après M. Earl, que dans les régions intertropicales, les côtes, formées par des terrains d'alluvion, sont invariablement entourées d'une ceinture de palétuviers, d'une largeur souvent de plusieurs milles. A la Nouvelle-Guinée comme sur la côte nord de l'Australie, ces arbres forment un ensemble pour ainsi dire à deux étages. L'étage supérieur, formé par les troncs et les branches, est une vraie forêt. Au-dessous s'étend l'étage inférieur, consistant en un inextricable fouillis de racines, où il est absolument impossible de pénétrer sans se frayer un passage à coups de hache. En outre, ces racines plongent dans une boue demi-liquide, qui ne saurait supporter le poids du corps. Tout naturellement les sauvages, qui tirent de la mer une grande partie de leur nourriture, ayant à faire journellement le trajet de la terre ferme à la pleine eau, préfèrent cheminer à travers les branches, qui sont d'ailleurs entrelacées de manière à rendre cette route praticable même pour des Européens. Notre voyageur affirme avoir vu plusieurs fois des files de marins, portant leurs mousquets en bandoulière, franchir de cette manière les marécages à palétuviers. On voit qu'il n'est nullement nécessaire d'être proche parent des singes pour voyager de cette façon „ (1).

Une observation analogue dépouille les *hommes-à-queue* de cet appendice, dont on aurait bien voulu faire un trait d'union entre nous et les quadrumanes. " Les Niams-Niams ou Sandés, dit M. Verneau, forment une population du plus haut intérêt qui ne comprend pas moins de deux millions d'âmes... Leur costume se compose généralement de peaux de bêtes attachées à la ceinture; ils laissent pendre par derrière la queue de l'animal qui leur fournit sa peau. C'est à cette particularité qu'est due la légende des hommes-à-queue : on n'avait aperçu que de loin ces terribles Sandés anthropophages, et on s'était figuré que cette queue faisait partie de leurs personnes „ (2).

Voici maintenant des leçons de sagesse et de prudence qu'une certaine école anthropologique ferait bien de méditer. Par exemple, il ne faudrait pas toujours juger de l'état moral d'un groupe humain par son état industriel. Ainsi les Aëtas, ces petits Nègres des îles Philippines, qui vivent à l'état sauvage dans les

(1) *Races humaines*, p. 99.
(2) *Ibid.*, p. 209.

montagnes, et ne connaissent d'autre industrie que la fabrication de leurs lances, de leurs arcs et de leurs flèches, n'en sont pas moins d'une très grande moralité. Ils ne prennent qu'une femme, lui restent extrêmement fidèles, entourent leurs enfants d'une affection très vive, et ont pour leurs morts un profond respect. Les crimes et les délits sont extrêmement rares parmi eux ; l'adultère, le vol, l'homicide y sont punis de mort.

Autre leçon : l'absence de temples, d'idoles, de caste sacerdotale chez une peuplade n'autorise pas toujours à conclure qu'elle est sans aucune notion religieuse. Ainsi les Andamaniens (Mincopies) n'ont pas de prêtres, quoique leurs croyances religieuses soient non seulement développées, mais même assez compliquées, comme on peut le voir dans les pages où M. de Quatrefages a décrit leurs *caractères religieux* (1). Ainsi les Australiens croient au surnaturel, à des êtres doués d'une puissance surhumaine, à une vie future avec récompenses ou châtiments, et pourtant nulle part on ne trouve aucun vestige de culte et de prières, ni par conséquent de caste sacerdotale (2).

Notons encore, pour les amateurs de longues périodes, la rapidité avec laquelle peut disparaître complètement une race humaine parfaitement caractérisée. C'est ainsi qu'a été anéantie, en *soixante-treize ans,* sous les coups des Anglais, la race tasmanienne, qui habitait, au sud-est de l'Australie, la terre de Van-Diémen. Le dernier homme expirait le 2 mars 1869, et Truganina, qui avait été l'héroïne de l'indépendance, succombait en 1877 (3).

Nous ne voudrions pas quitter ce sujet si instructif sans signaler, au moins par deux ou trois exemples, les contributions qu'apporte à la connaissance des peuplades préhistoriques et de leurs usages souvent obscurs pour nous, l'étude de la race nègre et en général des groupes ethniques demeurés jusqu'ici en dehors des influences civilisatrices. Le livre de M. Verneau est plein de ces rapprochements instructifs et curieux ; nous n'aurons que l'embarras du choix et le regret de ne pouvoir citer davantage. En effet, ce point de vue seul aurait pu fournir la matière d'un article très intéressant. On s'est demandé par exemple comment, avec leurs armes si imparfaites et si primitives, les hommes de l'époque quaternaire réussissaient à s'emparer des

(1) *Les Pygmées*, par A. de Quatrefages, Paris, 1887, pp. 183 et suiv.
(2) *Races humaines*, p. 188.
(3) *Ibid.*, pp. 150 et suiv.

animaux ou puissants ou féroces dont on retrouve les ossements mêlés aux leurs. Sans doute en suppléant par la ruse à l'insuffisance de leurs armes, comme le font aujourd'hui beaucoup de sauvages. Ainsi les Négritos de la presqu'île de Malacca, nous dit M. Verneau, " chassent le gros gibier en tendant un piège redoutable où se prennent les tigres eux-mêmes. Ils placent, à l'extrémité d'un long sentier percé artificiellement dans le fourré, une forte lance attachée à un arbre courbé et maintenue par une sorte de déclic. L'animal en passant fait partir la détente et tombe percé de part en part „ (1). Ainsi encore les Fans ou Pahouins du Gabon s'emparent des éléphants d'une façon assez ingénieuse. " Ils cernent dans une forêt une troupe de ces animaux et construisent autour d'eux une forte palissade. Lorsque les éléphants sont bien altérés, on passe dans l'enceinte de l'eau empoisonnée, contenue dans de petites pirogues. Il est alors facile d'achever les animaux aux trois quarts morts „ (2). On sait que d'autres peuplades creusent des fosses profondes qu'elles recouvrent de branchages et de feuilles dans lesquelles se laisse prendre le gros gibier.

Et le festin, qui, chez nos ancêtres, suivait une chasse fructueuse, devait beaucoup ressembler à celui dont M. Hamy, cité par l'auteur, nous donne la peu alléchante description. " Les voyageurs anglais qui ont visité l'Australie, nous dit-il, le capitaine Grey en particulier, nous apprennent que lorsqu'une baleine est venue s'échouer sur la plage, les sauvages indigènes, après s'être frottés de graisse par tout le corps, s'ouvrent un passage avec leur arme de pierre à travers la graisse du cétacé jusqu'à la viande. Les amis, prévenus par des feux qu'on a pris soin d'allumer, arrivent en foule près de la bête. Leurs mâchoires travaillent bel et bien dans la baleine, et vous les voyez grimpant de-ci, de-là, sur la puante carcasse, à la recherche de fins morceaux „ (3). Naturellement aussi, comme nos sauvages ancêtres, ils doivent laisser sur les ossements du monstre ainsi dépecé la trace de leur outil grossier.

On s'est encore demandé comment, à l'âge de la pierre, on a pu arriver à tailler des deux côtés, sans les rompre, des plaques de silex aussi minces et aussi longues par exemple que les fameuses pointes de lances, en forme de feuilles de laurier, trouvées à

(1) *Races humaines*, p. 143.
(2) *Ibid.*, p. 223.
(3) *Ibid.*, p. 47.

Solutré. L'observation de ce que font encore aujourd'hui certaines peuplades résout la difficulté d'une façon satisfaisante. Qu'on en juge par les lignes suivantes du Dr Verneau : « En 1881, on remarqua que les Fuégiens, qui avaient été amenés au Jardin d'acclimatation de Paris, taillaient, dans des morceaux de verre, des instruments qui n'étaient pas sans analogie au point de vue de la facture avec les armes de Solutré. On étudia la façon dont ils travaillaient le verre, et on se souvint que d'autres populations modernes taillaient le silex de la même manière. Les Esquimaux, observés par les archéologues scandinaves, les Indiens de la Basse-Californie, étudiés par M. de Cessac, fabriquaient eux aussi des armes et des outils comparables aux instruments quaternaires de l'époque de Solutré. Or toutes ces populations n'emploient la percussion que pour dégrossir leurs outils et en ébaucher la forme. Le travail s'achève en soulevant de petits éclats au moyen d'un poinçon en matière dure, généralement un os brisé, dont on presse fortement l'extrémité sur les aspérités de la pièce ébauchée. Ce travail se fait avec une facilité beaucoup plus grande qu'on ne le supposerait au premier abord, et nous avons vu M. de Cessac fabriquer très rapidement par ce procédé des pointes en verre ou en quartz, aussi minces et aussi finement travaillées que les plus belles armes solutréennes ; il s'aidait pour cela d'un fragment d'os de baleine, comme il l'avait vu faire aux Indiens de Californie. M. Leguay, si compétent dans la matière, n'hésite pas à admettre le même procédé de taille pour un bon nombre d'objets préhistoriques en silex, notamment pour la plupart des beaux silex recueillis en Danemark, pour les belles lances qu'il avait récoltées à la Varenne-Saint-Hilaire, et aussi pour les pointes de Solutré » (1).

V

Les descriptions que M. Verneau a données des diverses branches de la race jaune et de la race blanche ne le cèdent pas en intérêt aux précédentes. Il faudra les lire avec soin si l'on veut avoir une idée complète de tous les groupes humains et des caractères qui servent à les distinguer les uns des autres. Quant à nous, qui avons déjà abusé de la bienveillance du lecteur et

(1) *L'Enfance de l'humanité (âge de la pierre)*, par le Dr Verneau, pp. 115 et 116. — Cf. aussi *Races humaines*, p. 60.

dépassé les limites ordinaires d'un travail de ce genre, nous ne nous lancerons pas dans une analyse aussi impossible qu'inopportune. Il nous suffit d'avoir inspiré à nos lecteurs le désir de suivre M. Verneau jusqu'au bout, et nous leur promettons qu'ils n'auront pas à s'en repentir. Nous ne pouvons cependant, avant d'achever ce travail, nous dispenser de formuler des réserves expresses au sujet de quelques passages où l'auteur se permet des incursions sur le terrain religieux. On dirait trop souvent alors qu'il voyage en pays inconnu, et l'on fera bien de ne pas accepter les yeux fermés les découvertes qu'il annonce. Celle-ci par exemple : " C'est à l'Égypte que beaucoup de peuples de l'antiquité classique ont emprunté leurs divinités. Le christianisme lui-même n'a sans doute pas été sans lui faire de nombreux emprunts, la Trinité, par exemple, qu'il a quelque peu modifiée. „ Et cette autre, au moins aussi stupéfiante : " Un chanoine catholique, homme d'un grand savoir (il s'agit sans doute du regretté abbé Ancessi), a retrouvé la légende textuelle de Job sur un ancien monument de la vallée du Nil, et il est à supposer que les chrétiens n'ont fait que la traduire „ (1)!!! Nous croyons inutile d'insister et surtout de réfuter ces assertions fantaisistes. Pourquoi M. Verneau n'a-t-il pas pratiqué, par rapport à la religion, la même attitude réservée qu'au sujet de la linguistique, dont il s'est abstenu de parler? Dans un sujet aussi étendu que le sien, on comprend sans peine qu'un auteur ne soit pas universel, mais on lui pardonne plus difficilement de traiter sur un ton tranchant et parfois agressif des sujets qui semblent être en dehors de ses études ordinaires, et par suite échapper à sa compétence.

Il lui sera, pensons-nous, facile de donner satisfaction sur ce point à ses lecteurs croyants, car les passages incriminés sont assez clairsemés et ne sont pas essentiels à la trame du récit. Tous alors seront unanimes à louer sans restriction l'histoire des *Races humaines* et à remercier le Dr Verneau du nouveau service qu'il a rendu aux sciences anthropologiques.

Abbé D. Le Hir.

(1) *Races humaines*, p. 589.

BIBLIOGRAPHIE

I

ANNUAIRE DU BUREAU DES LONGITUDES POUR L'AN 1892. — Un vol. in-18 de V-674, A.40, B.32, C.12, D.33, E.19, F.20, G.5, H.38 = 873 pp. — Paris, Gauthier-Villars.

L'*Annuaire* du Bureau des Longitudes pour 1892 contient, dans sa partie technique, d'importantes additions non susceptibles d'être exposées très succinctement et qu'on ne saurait cependant passer sous silence. D'autre part, les *Notices* qui suivent ne se comptent pas par moins de six ou sept, et sont écrites avec une concision qui, sans d'ailleurs nuire à leur clarté, rend bien difficile la tâche d'en abréger l'analyse autant qu'il serait désirable.

On voudra donc bien excuser la longueur de ce compte rendu en faveur de l'intérêt qu'offrent les matières dont nous nous sommes efforcé de résumer l'exposé.

I. PARTIE TECHNIQUE.

1. On sait que la partie technique, la principale et la plus volumineuse de l'Annuaire, répartit ses matières en neuf divisions principales, précédées chacune d'une table particulière, sans préjudice pour les tables générales par lesquelles se clôt le volume.

La première de ces divisions est consacrée aux divers *Calen-*

driers : courant, grégorien, julien, perpétuel, etc. Elle ne contient pas de changements particuliers, non plus que la seconde qui est affectée aux *Phénomènes astronomiques principaux* observables dans le cours de l'année.

2. Dans la troisième, où il est traité de tout ce qui a rapport au *Système solaire,* on trouve plusieurs additions ou rectifications qu'il importe de signaler.

La Terre étant comprise dans le système solaire, ce qui a rapport aux conditions physiques de notre atmosphère, et partant au baromètre, est donné dans cette division. M. Cornu y publie une méthode pour réduire à zéro et au niveau de la mer les observations barométriques faites à une altitude et à une température quelconques.

La correction de température est assez simple et s'obtient par la formule

$$C = \frac{(\mu - \lambda)\, T'}{1 + \mu\, T'}\, h,$$

dans laquelle h représente la hauteur du mercure lue sur une échelle de laiton, T' la température du baromètre, μ et λ les coefficients moyens de dilatation du mercure et du laiton représentés respectivement par les fractions 0,000 181 8 et 0,000 0184.

L'exposé de cette méthode est appuyé d'un tableau graphique qui donne *à vue* la correction cherchée avec une précision allant jusqu'au demi-dixième de millimètre. La hauteur h exprimée en millimètres étant portée en abscisse et la température T' en ordonnée, les points qui ont chacun ces deux quantités pour coordonnées tombent sur des courbes dont le numérotage exprime la correction cherchée.

Quant à la réduction au niveau de la mer, elle nécessite des opérations beaucoup plus compliquées dont l'indication ne pourrait trouver place en ce compte rendu.

Dans les *Éléments des satellites des planètes,* ceux des satellites de Saturne, dont les plus récents, dans les précédents Annuaires, remontaient à 1881, ont été remplacés, d'après H. Struve, par ceux de mars, septembre et octobre 1889.

D'importantes additions ont été apportées aux *Tableaux des comètes.* La description et les éléments de ceux de ces astres qui ont été observés en 1890 complètent la série les concernant qui a été commencée en 1882, et s'étend, en comprenant l'Annuaire actuel, de 1825 à 1890. En outre, les Tableaux des comètes

périodiques ont été agrandis dans de notables proportions, au moins pour celles dont une seule apparition est connue; on en comptait 32 dans l'Annuaire de 1891, l'Annuaire de 1892 en contient 64.

3. Une quatrième division comprend toutes les données relatives aux *Étoiles*. Il en est qui n'avaient pas encore été fournies jusqu'ici; tel est, par exemple, un tableau de 24 parallaxes stellaires, donnant, avec le nom et la grandeur de chaque étoile, son ascension droite et sa déclinaison, son mouvement propre annuel, sa parallaxe annuelle exprimée en centièmes de seconde d'arc, sa distance à la terre exprimée en millions du demi-diamètre de l'orbite terrestre, en trillions de kilomètres et en années de parcours de la lumière à 300 000 kilomètres par seconde de temps. La plus rapprochée de ces étoiles, celle qui a la plus forte parallaxe (0″,72), est α du Centaure : sa lumière met 4 ans 1/2 à nous parvenir. La plus éloignée, l'étoile polaire ou α de la Petite-Ourse, mesure sa parallaxe par 0″,07 seulement; sa lumière nous parvient en 46 ans 1/2. C'est-à-dire que, quand nous la regardons, nous ne la voyons pas telle qu'elle est au moment où nous la contemplons, mais telle qu'elle était il y a 46 ans 1/2. Cette distance est de 109 trillions 500 milliards de lieues (438 trillions de kilomètres), ou 295 millions de fois le demi-diamètre de l'orbite terrestre. Incontestablement ces évaluations ne sont qu'approchées. On comprend combien sont délicates et sujettes à erreur des parallaxes qui ne s'ouvrent qu'à quelques centièmes de secondes ; et il est déjà assez remarquable qu'on ait pu parvenir à les déterminer. Un tel travail fait grand honneur à M. Lœwy son auteur.

Au Tableau des orbites d'étoiles doubles, M. Glassenapp, directeur de l'Observatoire de Saint-Pétersbourg, a ajouté deux éléments nouveaux : Σ. 228 (A. R. 2^h7^m, D. + 46°59′, mouvement direct, inclinaison 72.1, excentricité 0.300, demi-grand axe de l'orbite 0.90, etc.) — et 99 d'Hercule (A. R. 18^h30^m, D. + 30°33′, mouvement direct, inclinaison 36.6, excentricité 0.793, demi-grand axe 1.12).

Pour la première fois, en 1891, l'Annuaire avait publié un tableau de mouvements propres d'étoiles, dû à M. Bossert, astronome adjoint à l'Observatoire de Paris. Ce tableau est reproduit en 1892 avec quelques modifications : certaines étoiles à fort mouvement propre y ont été ajoutées, d'autres n'y figurent plus. En résumé, le tableau de 1891 donnait les mouvements propres de 65 étoiles, celui de 1892 en donne 66.

On n'a pas oublié la description, par M. Cornu, du spectre de plusieurs étoiles avec dessins à l'appui, inaugurée dans l'Annuaire précédent. En le reproduisant, cet astronome y ajoute une note sur l'*Utilité de l'analyse spectrale des étoiles,* dans laquelle il constate que, par l'observation du dédoublement périodique de certaines raies des spectres, l'on a pu conclure, d'une manière très probable sinon tout à fait assurée, que certaines étoiles, simples sous les plus forts grossissements, seraient cependant doubles et animées d'un mouvement orbital. Telles seraient, par exemple, β de la Grande-Ourse, et ζ du Cocher.

4. Rien de particulier à signaler dans les divisions concernant les *Poids et mesures* et les *Tables d'amortissement et d'intérêt.* Mais dans celle qui a pour titre *Géographie et statistique,* nous signalerons premièrement le remplacement des données du recensement fait en 1886 pour la ville de Paris, par celles qui résultent du recensement suivant fait en 1891.

En second lieu, il importe d'appeler l'attention sur la loi du 15 mars 1891 qui prescrit, comme heure légale en France, l'heure de Paris temps moyen: on aura souvent besoin de rapporter l'heure locale des lieux de quelque importance (chefs-lieux de départements et d'arrondissements, par exemple) à l'heure de Paris. M. Cornu indique un moyen très simple de faire ce petit calcul. En se rapportant, sur l'Annuaire, aux tableaux de *Superficie, population et densité* des départements et de l'Algérie, qui donnent, pour chaque localité, la longitude en arc et en temps (pp. 434 et suiv., 466 et 467), il suffit *d'ajouter* à l'heure du lieu, si ce lieu est à l'ouest du méridien de Paris, ou *d'en retrancher,* s'il est à l'est, le nombre de minutes et de secondes représentant la longitude dudit lieu.

Pour les localités qui ne figurent pas sur les tableaux susdésignés, il suffira de reconnaître, sur la carte, la longitude en arc, en se rappelant que 15 degrés d'angle correspondent à 1 heure, 15 minutes d'angle à 1 minute de temps, 15 secondes d'angle à 1 seconde de temps; d'où il suit que 1° vaut 4 minutes de temps, 1′ d'arc 4 secondes de temps. Transformant ainsi sans difficulté la longitude arc en longitude temps, ou procédera ensuite comme il est dit plus haut.

5. La dernière division de la partie technique de l'Annuaire de 1892 contient, sous la rubrique *Tables diverses,* des données physiques sur le magnétisme, les densités, l'acoustique, l'optique, etc., et des données chimiques sur les corps simples et leurs équivalents et sur la thermochimie.

A propos de la carte magnétique de la France, vérifiée par M. Moureaux, on avait signalé, l'an dernier, les curieuses anomalies que ce savant avait constatées dans la déclinaison de l'aiguille aimantée, principalement dans le bassin de Paris. L'Annuaire de 1892 donne une carte détaillée des bizarres fluctuations de l'aiguille dans cette région; les lignes isogones qui les représentent sont singulièrement tourmentées. On dirait d'une carte orographique dont les courbes de niveau représenteraient un massif ayant son sommet vers Nevers et Moulin, s'étendant en deux branches dirigées l'une par Melun, Paris, Amiens, Dunkerque vers le nord; l'autre par Orléans, Chartres, Évreux, vers le nord-ouest, et séparées par une vallée venant mourir sur le littoral, entre Le Havre et la Pointe du Hourdel à l'embouchure de la Somme; à partir de la latitude correspondant à ce point, les lignes d'égale déclinaison reprennent à peu près leur direction normale.

Cette carte est appuyée de deux pages et demie de texte explicatif qui en rendent la lecture plus facile et en donnent un commentaire très clair.

Nous terminerons cet exposé sommaire des modifications ou additions apportées à la partie technique de l'Annuaire pour 1892, par une question d'acoustique. M. Cornu a ajouté à sa note de l'an dernier sur la vitesse du son et le diapason normal, une note sur la longueur de l'onde sonore. On sait combien la considération des longueurs d'onde est d'une importance majeure en optique. Elle est loin d'être négligeable en acoustique. Mais ici les quantités sont d'un tout autre ordre; car alors que la vitesse de la lumière est de 300 000 *kilomètres* par seconde, celle du son dans l'air est à peine de 331 *mètres*. Ainsi, tandis que les longueurs d'ondes lumineuses se mesurent par dix-millièmes de millimètre, les longueurs d'ondes sonores peuvent se compter par centimètres : par exemple la longueur d'onde du la_3 ou *la* entre les lignes, qui correspond à 870 vibrations, est de $76^c,07$.

Ces longueurs s'obtiennent par la formule $\lambda = a\mathrm{T}$, dans laquelle T représente la durée d'une période vibratoire, et a la vitesse de propagation de l'onde (soit, dans l'air atmosphérique, $330^m,9$). La période vibratoire ou vibration double étant, dans l'exemple choisi, 1/4351, on voit que le produit de ces deux nombres est bien $0^m,7607$.

II. Notices.

Nous n'avons pas moins, cette fois, de six ou sept *Notices* à analyser. Elles sont désignées respectivement par les lettres A, B, C, D, E, F et G, les Tables qui suivent étant marquées de la lettre H.

A. — La *Notice* A, due à M. le contre-amiral Mouchez, est comme le procès-verbal de la " Troisième réunion du Comité international permanent pour l'*Exécution photographique de la Carte du Ciel* ". On se rappelle que, dès 1887, un congrès d'astronomes avait décidé le principe du levé de la carte complète du ciel au moyen de la photographie. Ce travail, qui devait se répartir entre dix observatoires seulement disséminés sur la surface du globe, l'a été, de fait, entre dix-huit de ces établissements dont plusieurs créés *ad hoc*, tant il s'est produit de zèle et de dévouement, dans le monde entier, pour les progrès de la science (1).

On comprend que les préparatifs préliminaires d'une aussi vaste entreprise aient duré plusieurs années. A peu près terminés lors de la réunion du Comité permanent qui s'est tenue le 31 mars 1891 et jours suivants, leur compte rendu a été le sujet du discours d'ouverture prononcé par M. l'amiral Mouchez, au moins en ce qui concerne les observatoires qui n'avaient pu envoyer de délégués à la réunion. Sydney, Melbourne, Tacubaya (Mexique), Oxford, Rio-de-Janeiro, Santiago ont ainsi fait connaître, par l'organe du président du Comité, le degré d'avancement de leurs préparatifs. Paris, prêt depuis longtemps, n'attend plus que les dernières décisions du Comité pour se mettre à l'œuvre. L'état des observatoires de Greenwich, San Fernando, Helsingfors (Finlande), Postdam, Bordeaux, Toulouse, Catane, Alger, La Plata, du Cap et du Vatican a été exposé personnellement par leurs directeurs respectifs.

Le Comité a ensuite examiné et discuté, dans huit ou dix séances de commissions spéciales et quatre séances plénières, les différentes questions composant le programme qu'il s'agit de remplir. Le résultat de ces discussions a été résumé dans quinze ou dix-huit résolutions relatives respectivement au catalogue d'étoiles-guides, au réseau à impressionner sur chaque plaque,

(1) Cf. *Rev. des quest. scient.*, liv. d'avril 1887, t. XXI, pp. 583 et suiv.; avril 1888, t. XXIII, p. 592; avril 1889, t. XXV, pp. 601 et suiv.; juillet 1890, t. XXVIII, pp. 268 et 269.

à l'orientation des plaques, aux durées des poses, à l'utilisation des clichés, à la construction de la carte proprement dite, aux écrans à mailles métalliques à placer devant l'objectif des lunettes photographiques, au choix des étoiles de repère pour chaque cliché du catalogue, aux mesures de position et de détermination de grandeur des étoiles, à la répartition définitive des zones entre les différents observatoires, etc.

Puis le Comité, après avoir voté des remerciements à l'Académie des sciences pour son précieux concours à cette belle œuvre, examine les moyens par lesquels on pourrait parvenir à créer quelque part un grand établissement international qui aurait pour mission de centraliser et de coordonner en un vaste ensemble les travaux des dix-huit observatoires collaborateurs.

En terminant sa très importante *Notice,* M. l'amiral Mouchez se demande si une ultérieure génération d'astronomes, en possession de moyens d'observation et d'action beaucoup plus puissants que ceux dont nous disposons aujourd'hui, n'éprouvera pas le besoin de recommencer à nouveau la carte universelle du ciel pour la faire plus vaste et plus complète. Il entrevoit ensuite, dans sa scientifique imagination, le temps où, par suite d'immenses progrès qu'aurait réalisés l'art photographique, on pénétrerait si avant dans les profondeurs des espaces célestes, que les étoiles, pressées les unes contre les autres sur la plaque sensible sans plus laisser d'intervalle entre elles, ne présenteraient plus, sur les clichés, " qu'une nébuleuse irréductible plus ou moins irrégulièrement condensée, „ et il en conclut que l'on reconnaîtrait alors que " toute la voûte céleste n'est en réalité qu'une immense nébuleuse *sans limite* dans l'espace, comme sans limite *dans le nombre* des astres qui la composent.

S'il fallait prendre au pied de la lettre cette assertion de l'illustre marin, on devrait par là-même admettre l'existence du nombre à la fois déterminé et infini, dont l'impossibilité se démontre mathématiquement, sans parler de sa non moindre impossibilité philosophique.

Mais ce n'est pas le cas de soulever ici cette discussion. Aussi bien la pensée du savant astronome nous paraît plutôt se renfermer dans une brillante hyperbole oratoire que vouloir s'exprimer, en la circonstance, avec une précision rigoureuse.

B.— La *Notice* qui suit a pour objet *La Lune et son accélération séculaire.* Elle est due à M. Tisserand qui, non moins fin lettré que savant astronome, lui donne pour épigraphe quelques vers latins composés par un autre illustre savant, en un temps où l'on

n'estimait pas qu'une forte culture littéraire fût inutile aux hommes de science.

Quâ causâ, disait Halley,

quâ causâ argentea Phœbe
Passibus haud æquis graditur ; cur, subdita nulli
Hactenus astronomo, numerorum fræna recusat?

tant les mouvements compliqués de l'astre des nuits avaient causé de tablature aux astronomes de son temps. Elle n'a pas moins donné de peine à ceux qui se sont succédé jusqu'à nous ; et, malgré les progrès considérables réalisés depuis lors, " la Lune reste encore rebelle, dans une certaine mesure, au frein de l'analyse " *(numerorum fræna recusat).*

Nombreuses en effet sont les inégalités ou irrégularités des mouvements séléniques. Il y a d'abord un déplacement provenant de ce que l'orbite lunaire est elliptique, et qui peut éloigner l'astre à plus de 6° de part et d'autre de sa position moyenne, déplacement qui ramène cette inégalité, suivant les valeurs intermédiaires, dans la durée de 27 jours 1/3 environ. En second lieu, la ligne des *nœuds,* c'est-à-dire des points suivant lesquels le plan de l'orbite coupe l'écliptique, se déplace elle-même dans le sens rétrograde et fait son tour en 18 ans. Puis, le grand axe de l'ellipse se déplace de son côté dans son plan et dans le sens direct, de manière à accomplir une pleine révolution en 9 ans. Il y a aussi : l'*évection,* irrégularité pouvant éloigner la Lune de 1°,16′ de part et d'autre de son orbite normale, suivant une période de 31 jours 1/2 ; la *variation* qui, dans une période de 14 jours 3/4, peut faire varier la position de notre satellite de 39′ de part et d'autre ; l'*équation annuelle,* d'une période d'un an, pouvant s'élever à 11′.

Toutes ces inégalités périodiques, en se combinant entre elles, donnent lieu à des complications presque inextricables, et il est prodigieux qu'on ait pu en préciser plusieurs avant la découverte de la loi newtonienne de la gravitation universelle d'où elles découlent logiquement. Car si tout le système solaire se réduisait à la Lune tournant autour de la Terre, notre satellite décrirait une ellipse parfaite ; les inégalités qu'on vient d'énumérer proviennent de l'attraction solaire contrariant l'attraction terrestre ou se combinant avec elle ; on a pu les préciser toutes par le calcul.

Mais il est encore une irrégularité ou inégalité sur laquelle la théorie laisse toujours à désirer : c'est celle de l'*accélération sécu-*

laire. Celle-ci étant évaluée à 10″ en un siècle, elle est de 40″ en deux siècles, de 90″ ou 1′,30″ en trois siècles, et ainsi de suite. En sorte que, dans les 20 siècles précédant l'année actuelle, cette accélération a été de $10'' \times 20^2 = 4000''$ ou 1° 06′40″, " ce qui déplace la Lune dans le ciel d'environ deux fois son diamètre apparent. „

Mais quelle est la cause de cette accélération qui, d'ailleurs, n'a pas été observée dans le mouvement des planètes autour du Soleil? Laplace a reconnu cette cause dans la très lente diminution de l'excentricité de l'orbite de la Terre; cette orbite s'arrondissant de plus en plus, il en résulte quelque variation dans les distances du Soleil à la Terre et à la Lune, et partant quelques changements dans l'action perturbatrice du premier.

Toutefois cette diminution d'excentricité dans l'orbite terrestre ne doit pas continuer indéfiniment. Dans 24 000 ans environ, elle s'arrêtera et fera place à une augmentation graduelle non moins lente. Par suite, l'accélération séculaire de la Lune s'arrêtera aussi et sera remplacée par un retard séculaire correspondant.

Malheureusement le chiffre de 10″, pour l'accélération séculaire de la Lune, n'est pas certain. On a cherché à le vérifier par comparaison avec les éclipses historiques de Soleil; mais, faute d'une précision suffisante dans les données, on n'a pu arriver à un résultat assuré. Cependant il est, tel qu'il est, assez rapproché de la vérité pour pouvoir être considéré comme exact au moins pendant quelque temps encore. On n'en saurait dire autant d'un autre ordre d'irrégularités, fort petites il est vrai, et qui, par suite d'erreurs de quinze secondes en plus ou en moins dans une période d'environ 300 ans, ont pour effet d'avancer ou de retarder d'une seconde l'instant du passage de la Lune au méridien. On n'a jusqu'ici aucune idée de la cause de cet ordre d'inégalités. Toutefois, comme elles ne peuvent être attribuées à l'action du Soleil, c'est dans l'influence des planètes les plus voisines, notamment de Vénus, qu'il faut chercher cette cause. Et M. Tisserand insiste pour que les astronomes et les géomètres dirigent leurs travaux dans cette voie, afin d'arriver à une théorie parfaite de notre satellite, laquelle est très importante, pour les quatre raisons suivantes :

1° Après avoir été l'élément essentiel de la découverte de la gravitation, la Lune soumet cette loi à un contrôle incessant, et permet de déduire de certaines de ses irrégularités périodiques, l'aplatissement polaire de la Terre et la parallaxe du Soleil.

2° La rapidité relative du mouvement de l'astre dédié à la sœur de Phébus permet de prévoir les perturbations auxquelles les planètes seront soumises dans des milliers de siècles.

3° Au bout de quelques centaines d'années, l'étude assidûment poursuivie des mouvements de notre satellite renseignera sur la rotation de la Terre et sur la stabilité ou variabilité de cette rotation.

4° Les marins et les voyageurs ne peuvent se passer de la connaissance exacte du mouvement de la Lune qui leur est nécessaire pour la détermination des longitudes.

C. — L'historique des travaux de l'*Association géodésique internationale* est donné périodiquement par l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* (1), et analysé de même par la *Revue des questions scientifiques* (2). Dû pour la première fois à M. Faye, puis donné par M. Tisserand, il l'est aujourd'hui par une rapide *Note* de M. Bouquet de la Grye.

C'est à Florence, le 8 octobre, que s'est ouverte, en 1891, la réunion de l'*Association géodésique*. En remplacement du dernier président, le général espagnol Ibañez, récemment décédé, le choix unanime de la Commission permanente s'est porté sur l'éminent doyen des astronomes français, M. Faye, professeur de géodésie et d'astronomie à l'École polytechnique et président du Bureau des longitudes, non d'ailleurs sans qu'au préalable un légitime hommage eût été rendu à la mémoire de son regretté prédécesseur.

Les séances suivantes ont été consacrées à écouter le compte rendu des travaux de la Commission permanente et du degré d'avancement des réseaux et des calculs dans chaque État.

Les recherches relatives à la variation de la latitude à Honolulu, sur l'antiméridien, semblent donner des chiffres symétriques à ceux qui ont été déterminés à Postdam.

Les divers travaux géodésiques ont été poussés activement en Italie ; la triangulation du sud de l'Algérie suit son cours par les soins des officiers du service géographique.

Une concordance parfaite a été reconnue dans le réseau trigonométrique français. La différence de 35 cm. qu'on avait antérieurement constatée dans la mesure de la base provenait d'un étalonnage défectueux ; elle a été réduite à 4 cm. Cette cause

(1) Années 1889, 1890, 1891.

(2) Liv. d'avril 1889, t. XXV de la collection; de juillet 1890, t. XXVIII; d'avril 1891, t. XXIX.

d'erreur étant reconnue, permettra d'établir la même concordance entre les réseaux français, belge et allemand.

M. Defforge, délégué français, propose une nouvelle correction à apporter aux déterminations de la pesanteur.

MM. Helmert et le Dr Börsch ont constaté l'impossibilité actuelle de transporter un zéro fondamental par un nivellement géométrique étendu ; par suite de quoi le Bureau central propose que chaque État prenne pour point de départ de ses altitudes le niveau moyen de la mer la plus voisine. Il sera voté sur cette proposition à la réunion prochaine, qui aura lieu à Bruxelles.

Telle est l'indication sommaire des principaux sujets qui ont occupé l'attention de l'Association, en octobre 1891.

D. — Nous arrivons ici au grand œuvre de M. l'astronome Janssen, directeur de l'Observatoire de Meudon, l'œuvre de *L'Observatoire du Mont Blanc*.

Chacun a encore présente à l'esprit la persévérance admirable du vénérable savant, les difficultés de toute nature qu'il a héroïquement surmontées pour arriver à déterminer, par des observations effectuées à une altitude suffisante, si l'oxygène existe ou n'existe pas, au moins d'une manière apparente, dans les régions extérieures du Soleil. Pour obtenir ce résultat, le courageux astronome n'avait pas craint, nonobstant son âge déjà avancé, de faire l'ascension du Mont Blanc en octobre, c'est-à-dire en plein hiver dans ces hautes altitudes, et, installé avec ses instruments au Refuge des Grands-Mulets, d'y faire des observations qui lui ont permis de conclure à l'absence de l'oxygène dans l'atmosphère solaire. Ce premier et important résultat ne suffisait pas à la noble ambition du savant astronome. La station des Grands-Mulets est déjà à plus de 3000 mètres d'altitude, mais le sommet de la montagne est à plus de 4800 mètres, et si l'on pouvait établir un observatoire à une telle hauteur, quelles découvertes nouvelles, quels progrès considérables n'en résulterait-il pas ?

Aussi, encouragé par le succès de son ascension de 1888, M. Janssen en voulut effectuer une nouvelle en 1890, et cette fois jusqu'au plus haut sommet de la célèbre montagne (1). La conclusion des observations de 1888 fut pleinement confirmée, et le courageux astronome conçut aussitôt le projet de réaliser sa pensée de l'établissement d'un observatoire à ce sommet

(1) Voir pour le détail de ces deux ascensions les *Annuaires* de 1889 et 1891, et la *Rev. des quest. scient.* d'avril 1889, p. 607, et d'avril 1891, p. 611.

même. C'est à l'exposé de ce projet que notre savant a consacré une notice, sous ce titre : *Les Observatoires de montagne: Un Observatoire au Mont Blanc.*

Il y développe, dans un premier chapitre, toutes les difficultés, toutes les causes d'erreur que suscite l'épaisseur de notre atmosphère aux observations astronomiques, causes d'erreurs et de difficultés qui disparaissent ou s'atténuent d'une manière équivalente, dès qu'on s'élève à des altitudes même relativement peu considérables. Ces observations sont appuyées de deux épisodes se rapportant l'un à un lever du Soleil dans le golfe de Siam, l'autre à un phénomène de mirage sur le Chott Melrir en Algérie, dont le savant écrivain a été personnellement témoin.

Un second chapitre raconte les principales observations astronomiques réalisées à de hautes stations. Éclipses observées à des altitudes de 8300 pieds (C. A. Young, 1871, au mont Sherman); 3976 (Eartman, Prichet, 1878, à Las Animas de Colorado); 7800 (les mêmes à Jaho Spring); 9013 (Holden à Central City de Colorado), 14 100 pieds ou 4200 mètres (Langley à Pikes Peak), et ayant permis d'étudier l'enveloppe coronale, de voir les satellites de Jupiter à l'œil nu, etc. C'est au pic de Ténériffe que Piazzi Smith avait étudié le spectre solaire en 1856 et 1857, et pareillement M. Janssen lui-même avait pu constater en 1868 et 1869, sur les hauteurs himalayennes, " les immenses avantages des stations élevées. „

En présence de ces avantages, les observatoires de montagne commencent à se multiplier. Le Nord-Amérique en a érigé plusieurs, notamment le bel observatoire du mont Hamilton, dirigé par M. Holden. L'Italie en élève un sur l'Etna et prochainement sur les aiguilles du Mont Rose; la France en possède un au pic du Midi dû au général de Nansouty, un autre au mont Ventoux, et en construit un à Aigoual près Montpellier, tandis que le Club Alpin, sur l'incitation de M. Janssen, érige une " cabane-observatoire „ à cette station des Grands-Mulets (3050 mètres) désormais illustrée par la mémorable ascension scientifique du même M. Janssen, en 1888. Puis M. Vallot dirige la construction d'un " chalet-observatoire „, aux Bosses du Dromadaire, d'une altitude plus haute encore.

Enfin M. Janssen pousse à la construction d'un établissement de même nature au sommet même du Mont Blanc; c'est le sujet de son troisième chapitre. Il y rend compte de l'état d'avancement des travaux, dont la direction a été prise par M. Eiffel avec le concours d'un ingénieur suisse distingué, M. Imfeld.

Nous n'entrerons pas dans le détail de ces travaux dont presque tous les journaux ont parlé. Disons seulement que plusieurs tranchées dans la neige durcie n'ont pas permis de rencontrer la roche. On en conclut que la crête terminale du Mont Blanc, longue et relativement étroite, est composée probablement de plusieurs pics en aiguille empâtés dans les glaces et les neiges tassées et entre lesquels auraient passé les galeries. En cet état, on est amené à renoncer à construire sur le roc vif, mais avec l'espoir motivé d'établir sur la neige même des constructions en bois, conçues de manière à résister aux déplacements et à permettre de braver les intempéries.

Avant d'abandonner les travaux, à l'arrière de la saison, on a construit, à titre de témoin destiné à passer l'hiver sur place et à renseigner sur les mouvements possibles, un édicule en bois, sorte de diminutif de la construction projetée.

Nous pouvons ajouter que, dans la seconde moitié du mois de janvier, un jeune et vaillant officier des troupes alpines, M. Dunod, fils de l'éditeur scientifique bien connu, n'a pas craint de faire, en une saison aussi inclémente, l'ascension du Mont Blanc; il a pu constater que la cabane-témoin avait jusque-là parfaitement résisté; la neige n'y avait même pas pénétré, et le niveau à bulle d'air ne laissait voir aucun mouvement appréciable dans la construction (1).

M. Janssen clôt sa *Notice* par un quatrième chapitre où il fait ressortir les principales utilités de l'Observatoire du Mont Blanc: en astronomie, pour l'étude des planètes Mars et Vénus, pour celle des spectres tellurique et solaire, de la radiation calorifique des astres; en météorologie, pour les études sur la formation et la constitution des nuages et les grands accidents atmosphériques, sur la prévision des tempêtes; enfin en physiologie, pour les travaux concernant la flore et la faune des montagnes, et l'action des atmosphères raréfiées sur les organismes, etc.

E. — *Sur la mire lointaine de l'Observatoire de Nice*, M. Cornu, membre titulaire du Bureau des Longitudes, donne une *Notice* expliquant, d'une manière générale d'abord, l'utilité des mires astronomiques, ces points de repère à distance faisant l'office d'une étoile qui serait absolument fixe dans le firmament et au moyen de laquelle on vérifierait incessamment la stabilité des instruments affectés à la détermination des coordonnées des astres en ascension droite et déclinaison. La seconde partie de la

(1) Cf. *Cosmos* du 13 février 1892, p. 306, aux Comptes rendus des *Sociétés savantes*.

Notice s'occupe de l'établissement d'une mire astronomique pour l'Observatoire Bischoffsheim à Nice, placée à grande distance avec éclairage nocturne, de manière à se mettre dans des conditions se rapprochant autant que faire se peut de la mire idéale, qui serait, comme on vient de le dire, une étoile absolument fixe. C'est sur le mont Macaron, séparé de l'observatoire par une vallée profonde, et à distance horizontale de 5 kilomètres 1/2, qu'a été établie la mire en question. Et la difficulté et surtout la dépense excessive auxquelles on eût été exposé pour établir d'une manière permanente un éclairage local de la mire, ont décidé le Bureau des Longitudes à adopter un système consistant à lancer sur elle, du sein même de l'observatoire, un faisceau lumineux. On y est parvenu à l'aide d'un collimateur à réflexion dû à M. Fizeau, et semblable à celui des appareils employés pour mesurer la vitesse de la lumière.

Ce n'a pas été sans recherches et sans tâtonnements que l'on est arrivé à cette solution : elle constitue une véritable découverte, en supprimant l'obstacle qui s'opposait jusque-là à l'usage courant des mires lointaines dans les observatoires; elle permet aux astronomes d'avoir aisément à leur disposition un élément de haute précision de plus pour leurs mesures fondamentales.

F. et G. — La dernière Notice — il serait plus exact de dire : les deux dernières notices — se compose de deux *Discours prononcés à l'inauguration de la statue du chevalier de Borda à Dax,* le dimanche 24 mai 1891, l'un par M. Bouquet de la Grye, membre de l'Académie des sciences et vice-président du Bureau des Longitudes, l'autre par M. le vice-amiral Paris, également membre de l'Institut.

La ville de Dax avait tenu à honneur d'élever un monument à la mémoire de son illustre compatriote, et, le 24 mai 1891, l'Institut de France, le Bureau des Longitudes et la Marine ont rehaussé par les discours de deux de leurs éminents représentants la cérémonie de l'inauguration.

Né le 4 mai 1733, d'une famille de vieille noblesse, Jean-Charles de Borda avait été destiné par son père à la magistrature. Mais sa vocation scientifique et la nature de ses hautes facultés intellectuelles furent plus fortes que les aspirations paternelles. Entré dans le corps des ingénieurs militaires, il fut bientôt distingué, en raison de ses aperçus en matière de mathématiques, par des savants comme d'Alembert, Bernouilli, Euler, Lagrange. Pressé de terminer une analyse déjà si longue, nous n'entrerons pas dans les nombreux détails d'une vie scientifique si bien remplie et racontés avec tant de charme par les deux savants académi-

ciens. Disons seulement que le chevalier de Borda passa successivement aux chevau-légers comme " maître en mathématiques „, à l'état-major comme aide-de-camp du maréchal de Maillebois, revint exclusivement à ses recherches, expériences et calculs scientifiques, entra ensuite dans la marine comme lieutenant de port à Brest, fut élu, le 6 juillet 1768, membre associé de l'Académie, puis, moins de quatre ans plus tard (le 19 février 1772), nommé pensionnaire de la savante compagnie, fit plusieurs expéditions maritimes sur *La Seine*, *La Flore*, *La Boussole* avec le commandement de cette dernière, et détermina avec une exactitude merveilleuse pour les moyens d'observation dont on disposait alors, la longitude et la latitude de Santa-Cruz de Ténériffe ainsi que la hauteur du pic de ce nom. Nommé, par le roi, capitaine de vaisseau, à la suite de cette brillante expédition, le 1er juillet 1780, il reçut en 1781 le commandement du *Solitaire* avec toute une division sous ses ordres, comprenant un vaisseau *(Le Triton)*, trois frégates et une corvette; il fut surpris, en un temps brumeux, par l'escadre anglaise non loin de l'île Barbade, et soutint vigoureusement, entre deux feux, la lutte contre des forces très supérieures, permettant ainsi aux autres navires de sa division d'échapper à l'ennemi. Fait prisonnier, les Anglais le traitèrent avec distinction. Puis compris dans le premier échange de prisonniers, il s'occupa activement de l'armement du vaisseau *Le Téméraire*, au sujet duquel le Ministre de la marine lui adressa d'élogieuses félicitations et le chargea ensuite de la direction de l'École des constructions à Paris.

Plus tard, sollicité par l'Assemblée constituante, en 1790, de fournir des instruments perfectionnés pour la mesure des angles dans la détermination d'un arc de méridien, il imagina le cercle répétiteur qui porte son nom, " et qui, dans les mains de Méchain, Delambre, Arago, devait donner des résultats d'une approximation inespérée „. Nombreuses furent ses autres découvertes scientifiques : nous n'avons pas la place nécessaire pour les énumérer.

En 1796, l'Académie le nommait son Président, en raison non seulement de sa grande science, mais aussi de son caractère " doux et aimable „. Peu d'années après, le 13 vendémiaire an VII (c'est-à-dire, en bon français, le 5 octobre 1798), Borda, dont la santé était très éprouvée depuis sa campagne de 1782, et qui n'en avait pas moins continué à travailler avec ardeur, fut enlevé par une hydropisie de poitrine survenue à la suite d'une longue et douloureuse maladie.

JEAN D'ESTIENNE.

II

Age de la pierre. *Division industrielle de la période paléolithique quaternaire et de la période néolithique,* par Philippe Salmon. — Broch. gr. in-8° de 8 pp., plus 2 tableaux et 38 planches gravées. — Paris, Félix Alcan, 1891.

L'Homme dans la nature, par Paul Topinard, ancien secrétaire général de la Société d'Anthropologie.—1 vol. in-8° de VIII-352 pp., avec 101 gravures dans le texte. — Paris, même librairie, 1891.

La brochure in-octavo que publie M. Philippe Salmon tire son importance moins de la quantité de son texte, qui ne comprend qu'une note de cinq pages, que des deux tableaux descriptifs dont cette note est le commentaire et des trente-quatre planches gravées qui lui sont annexées.

Trouvant, sans doute, la classification préhistorique de M. de Mortillet trop simple et insuffisamment artificielle, l'auteur la complique encore par des subdivisions ingénieuses sans doute, mais que, toute révérence gardée pour la science de l'écrivain, nous serions fort tenté de taxer d'arbitraires.

Rendons toutefois cette justice au savant préhistorien que ses complications ne portent que sur une partie seulement de la classification Mortillet, sur l'âge néolithique qu'il divise en trois périodes, et que, en ce qui concerne l'âge paléolithique, il le simplifie légèrement en en réduisant les quatre subdivisions à trois.

Somme toute, M. Salmon est un disciple de M. de Mortillet; s'il touche au classement de ce dernier, c'est, en s'appuyant sur les mêmes principes, pour l'étendre et le développer. En réduisant à trois les subdivisions de l'époque quaternaire par la suppression de la période *solutréenne,* il se fonde sur ce que l'industrie qui lui correspondrait ne serait pas " générale „, et ne formerait réellement que la transition entre les deux périodes *moustérienne* et *magdalénienne.* Ce n'est là qu'une nuance : car comment établir d'une manière assurée que parmi les périodes conservées, celle du milieu ne représente pas elle-même le passage de la première à la troisième? Et puis, cette généralité qui, selon l'auteur, manquerait à la période solutréenne qu'il supprime, est-elle bien incontestablement établie pour les trois autres? A la première de ces deux questions, le savant préhistorien répondrait assurément comme nous; car il distingue, dans

ses périodes, le *plein* et la *transition.* Le " plein „ de sa seconde période se caractérise par l'industrie du Moustier avec la présence de l'*Elephas primigenius* et du *Rhinoceros tichorrhinus,* tandis que " l'industrie acheuléenne ou chelléo-moustérienne est le passage du chelléen au moustérien „, et que " l'industrie solutréenne „ avec l'*Elephas primigenius* et l'*Equus caballus,* n'est séparée du plein de la magdaléenne, qui voit le renne concurremment avec l'*E. primigenius,* "que par une industrie moyenne, intermédiaire. „ Quant à la question de généralité, notre auteur s'appuie sur ce que les stations de l'industrie solutréenne sont rares, que cette industrie manque dans beaucoup de régions où le plein de l'industrie de la Madeleine succède immédiatement à celle du Moustier.

Mais, d'après les constatations de plusieurs archéologues, suivant les stations et les gisements, tantôt un degré manque, tantôt un autre, d'autres fois les divers types de ces industries primitives se rencontrent dans un ordre différent ou même contraire à celui qu'exigerait la théorie. Toutes ces classifications sont donc bien arbitraires. Les procédés industriels, dans tous les temps, varient non seulement avec les époques, mais aussi avec les localités; et plus les communications sont lentes, difficiles, les moyens de transport peu développés, plus la variété dans les procédés peut être grande entre localités même rapprochées.

Cette observation est également applicable aux subdivisions de l'époque néolithique créées par M. Salmon. Il la partage en périodes : 1° *Campinienne* ou mieux *campignienne,* de Campigny (Seine-Inférieure), afin d'éviter toute confusion avec la Campine belge (la confusion eût été plus complètement évitée en donnant à cette période le nom de *Campignote);* 2° *Chasséo-robenhausienne,* de Chassey (Saône-et-Loire) et de Robenhausen (Suisse); 3° *Carnacienne,* de Carnac (Morbihan).

La première période se signale d'abord par la continuation du travail du silex d'après le procédé magdalénien, puis par l'apparition des tranchets de silex, et des haches préparées pour le polissage ou sommairement polies, les poteries grossières, la domestication du chien (?).

Dans la seconde, l'auteur indique d'abord le " développement du polissage „, l'emmanchement des haches dans la corne de cerf, les scies et poignards, une poterie moins primitive, la pêche, le tissage, la navigation, la bâtisse, le progrès de la domestication.

Enfin, la troisième période néolithique, celle où les sépultures se font dans les dolmens, galeries couvertes, tumuli, etc.

comprend, avec l'extrême extension du polissage, la forme artistique des haches, l'emploi de pierres plus rares et d'un plus bel aspect, toutes les variétés de l'architecture mégalithique, les premiers essais de gravure, de sculpture, de chirurgie, le perfectionnement de la poterie, etc.

Ce classement des industries préhistoriques post-quaternaires est assurément ingénieux ; il révèle d'ailleurs des observations multipliées et une étude des plus approfondies. Correspond-il à la réalité des faits, et ceux-ci se sont-ils succédé suivant la marche régulière et continûment progressive qu'implique un tel classement ? C'est là une tout autre question.

Mais de quelque manière que l'on apprécie les théories de M. Salmon, qu'on les adopte ou les rejette en totalité ou en partie, sa publication n'en présente pas moins un très grand intérêt par la nombreuse collection d'outils et objets divers préhistoriques en silex ou autres matières qu'il nous offre par la gravure, dans ses trente-quatre planches contenant une centaine de figures d'un dessin fini, soigné et paraissant exact.

Le livre de M. Topinard, l'*Homme dans la nature,* se recommande par des qualités d'ordres différents. C'est d'abord un traité d'anthropologie très méthodique en même temps que très complet, si l'on entend le mot *anthropologie* dans le sens restreint qui lui convient en tant que branche de l'histoire naturelle. Pas n'est besoin d'ajouter, étant donné le nom de l'auteur, que ce traité a été composé avec une science approfondie, qu'il met en œuvre des observations, des mensurations sans nombre dont sont tirées des moyennes généralement fort plausibles.

Une autre qualité de ce livre, qualité très rare parmi les savants de l'école à laquelle appartient M. Topinard, c'est d'être écrit avec modération, sans attaque directe ou détournée contre les tenants d'une école différente, et de respirer d'un bout à l'autre la sincérité la plus vraie.

Certes, nous sommes, en bien des points, en opposition flagrante avec les idées exposées par le savant écrivain, comme on le verra un peu plus loin. Encore est-ce une justice à lui rendre de reconnaître qu'avec lui la discussion est non seulement possible mais facile, grâce précisément à cette sincérité et à cette modération qui honorent son travail.

Dès le premier chapitre même, en faisant abstraction de quelques passages incidents, nous trouvons des points de

contact avec le savant auteur, alors que, parmi les diverses acceptions du mot " anthropologie „, il en reconnaît deux comme légitimes et valables : l'une générale, " comprenant les trois aspects de l'homme, animal, intellectuel et social „, l'autre plus spéciale, et dans laquelle il a l'intention de se restreindre (sans toutefois y parvenir tout à fait), celle suivant laquelle l'anthropologie n'étudie l'homme que dans son corps et ses aptitudes physiques.

Ainsi comprise et restreinte à cet objet, il est permis de la définir, avec ou sans " le consentement unanime de tous les savants „ : la branche détachée de l'histoire naturelle qui traite de l'homme, ou la zoologie de l'homme.

C'est le mérite de M. Topinard de s'être efforcé de se renfermer dans l'objet qu'implique cette définition et, sans aller jusqu'à la doctrine monogéniste et anti-transformiste de M. de Quatrefages, de se tenir éloigné des exagérations et des violences de ses coreligionnaires scientifiques de la Société d'anthropologie, lesquels l'ont excommunié, pour cause, sans doute, de " modérantisme „.

Cette modération, toutefois, sans que nous veuillions en atténuer le très réel mérite, ne creuse pas, quant au fond des idées, un abîme entre eux et lui. Quand il les combat, c'est bien moins à cause de leurs doctrines que parce qu'il les juge, avec toute raison d'ailleurs, comme dépassant les limites de la compétence de la science anthropologique.

En voici un exemple.

" L'école matérialiste radicale, dit-il, qui veut faire de l'anthropologie une science d'application se mêlant à tous les problèmes sociaux, professe que l'homme n'est qu'une machine recevant les excitations, réagissant mécaniquement et obligée de céder aux incitations les plus fortes. Il n'est pas responsable de ses actes, n'a pas de libre arbitre, ne possède ni la notion du juste, ni celles du bien et du mal. Par conséquent, il n'y a pas de morale en dehors de l'intérêt individuel bien entendu. „

On pourrait croire qu'à la suite d'un tel exposé du déterminisme matérialiste le plus accentué, l'auteur va protester contre une telle doctrine. Il n'en est rien. Il se borne à observer qu'elle n'est pas à sa place dans la science anthropologique comprise comme elle doit l'être.

" Premier point, ajoute-t-il : *s'il en est ainsi* (sic), ce n'est pas à l'anthropologie à le proclamer, au delà du petit cercle de naturalistes que cela regarde (?). Second point : ce n'est pas à elle à en

tirer les conséquences et à préjuger des réformes sociales qu'impliquent peut-être ces dures VÉRITÉS „!!!

Un peu plus loin, examinant les éléments de travail de l'anthropologiste, il les range en trois ordres : caractères physiques, physiologiques et pathologiques. Or, parmi les caractères *physiologiques,* il compte les caractères *psychologiques.* Ainsi, pour lui, la psychologie humaine n'est qu'un détail de la physiologie. Notre savant anthropologiste ne paraît pas se douter que la psychologie constitue à elle seule toute une science spéciale, fondée sur des phénomènes spéciaux, observés soit directement, soit par leurs manifestations, science à laquelle une connaissance suffisante de la physiologie est sans doute utile, indispensable si l'on veut, mais qui en est *en soi* indépendante et essentiellement distincte. Il est aisé de voir, au surplus, que si compétent et si éminent que soit notre auteur en anthropologie physiologique, ses notions psychologiques sont assez vagues et assez confuses (ce qu'il a de commun, du reste, avec bien d'autres, même parmi les naturalistes spiritualistes). Ainsi il donne comme caractères " communs à tous les animaux „ (p. 18) : " Sentiments, *intelligence* et instincts. „ Il y ajoute, sans bien préciser s'il les accorde seulement à l'homme ou aux animaux également : " religiosité, moralité, *libre pensée,* etc., etc. „

La religiosité et la moralité sont des facultés, des aptitudes et qualités de l'âme humaine. Mais la prétendue " libre pensée „ n'est pas une faculté spéciale : ce n'est qu'une association de mots exprimant, assez inexactement d'ailleurs, la négation ou le doute relativement à des vérités d'ordre supérieur ; elle se borne, en somme, à une manifestation particulière de la volonté. De même l'intelligence, dans l'acception philosophique et partant scientifique de ce mot, comprenant la notion de tout ce qui est indépendant de la matière, de l'espace et du temps, ne saurait évidemment être accordée aux animaux. Le savant anthropologiste, peu familiarisé, sans doute, avec les données élémentaires de la véritable psychologie, entend vraisemblablement par *intelligence,* suivant le langage courant mais non scientifique, la connaissance sensitive, concrète et particulière, fournie par la perception extérieure et qui est en effet commune à l'homme et aux animaux.

Mais du moment que l'auteur avait sagement résolu de n'envisager la science anthropologique qu'au point de vue de la vie animale de l'homme et de ses aptitudes physiques, il eût été prudent à lui de ne pas faire intervenir dans son travail des données

psychologiques ou soi-disant telles, et de ne pas émettre des prétentions comme celle-ci : " Toute la psychologie revient directement à l'anthropologie. La partie théorique et explicative des opérations intellectuelles, des sentiments et des volitions, rentre dans le chapitre de la physiologie spéciale de l'Homme et des applications des données de la physiologie générale „ (p. 22). Ce sont là des affirmations que, pour rester parlementaire et courtois, nous nous bornerons à taxer d'inexactes, mais qui, pour rendre notre pensée tout entière, demanderaient une qualification plus significative et plus accentuée.

Mieux inspiré, quoique peut-être non très conséquent avec ses prémisses, est notre savant anthropologiste lorsqu'il nous dit, quelques pages plus loin, que " la science sociale, celle de la morale, celle de la religion, ne doivent être regardées ici que comme des sciences pures „ (p. 26). Elles doivent par conséquent rester en dehors de l'anthropologie qui, dans le sens restreint auquel l'auteur paraît vouloir se conformer, " est synonyme d'étude de l'Homme en tant qu'animal. „

Il est aussi une disposition d'esprit qui, à nos yeux, nuit dans quelque mesure à la valeur, d'ailleurs très réelle, du travail de l'auteur. Il se pose dès le commencement en évolutionniste absolu. Admise comme une hypothèse plus ou moins plausible, que l'on conserve provisoirement jusqu'à ce quelle soit confirmée par tous les faits ou remplacée par une autre meilleure, la théorie de l'évolution peut favoriser les recherches, aider à de nouvelles découvertes, rendre des services en un mot. Mais, posée au début d'un ouvrage comme une vérité désormais acquise et incontestable, alors que, pour tels faits qu'elle explique, tant d'autres la contredisent, une telle hypothèse, par le parti pris qu'elle implique, est plutôt de nature, on peut le craindre, à entraver la marche de la science qu'à la seconder. En effet, dominé par une idée préconçue, l'esprit est inconsciemment porté à interpréter tous les faits dans le sens de cette idée, pour peu qu'ils ne s'y opposent point d'une manière par trop flagrante.

C'est ainsi que le savant naturaliste consacre, pp. 223 et suivantes, tout un chapitre à la prétendue " transformation du crâne de l'animal en crâne humain. „ Si les considérations par lesquelles l'auteur cherche à démontrer cette sorte de filiation la prouvaient réellement d'une manière évidente, nous n'y verrions pas grand inconvénient : nous nous sommes naguère expliqué ici-même sur ce point (1).

(1) Revue des questions scientifiques, t. XXV, janvier et avril 1889 : *Le Transformisme et la discussion libre.*

Mais il n'apparaît pas qu'il en soit tout à fait ainsi. Il est loisible de faire des rapprochements, de mettre en regard des crânes de divers animaux et des crânes humains, d'en dessiner des coupes longitudinales ou de base, et d'établir, sur ces données, des schémas qui montrent une transition graduelle de ces crânes d'animaux au crâne humain. Du fourmilier au kangourou, de celui-ci au chevreuil, au porc, au lapin, au hérisson, au renard, aux singes ordinaires, aux anthropoïdes et enfin à l'homme, on peut trouver, sur les crânes et les organes cérébraux, des séries procédant par gradations peu sensibles. Qu'est-ce que cela prouve? une loi de continuité, voilà tout. Et cela n'implique pas que cette continuité ait été réalisée par descendance plutôt que de toute autre manière. Que les choses se soient passées, aux temps géologiques, comme s'il y avait eu réellement descendance, on peut, si l'on veut, n'y pas voir d'obstacle, mais on n'en voit pas non plus à ce qu'elles se soient passées autrement; et il ne paraît rien moins que démontré que, pour assigner une place à l'homme parmi les animaux, " la classification par généalogie, en dépit des incertitudes que crée l'hypothèse des arbres multiples enchevêtrés et des ressemblances par convergence, soit *celle de l'avenir* „ (p. 58).

Il ne faudrait pas toutefois que la liberté de nos critiques fît perdre de vue le bien que nous avons eu à dire de cet ouvrage au commencement de la présente étude, et que nous maintenons. Parfois même une véritable élévation de pensées se révèle chez le savant écrivain, lorsqu'il qualifie l'homme, par exemple, de l'une " des dernières et des plus magnifiques manifestations de *cette force créatrice dissimulée sous le mot d'évolution* „ (chap. xx, p. 299). Cette " force créatrice „, qu'est-ce autre chose que le Dieu personnel et omnipotent que, spiritualistes, nous connaissons, et que, chrétiens, nous adorons?

Dans son dernier chapitre, consacré à " la place de l'homme dans la classification des animaux, son origine une ou multiple, sa généalogie, son avenir, „ il reconnaît que l'homme, — " par son jugement qui lui permet de voir les choses exactement comme elles sont, par sa mémoire qui lui fait emmagasiner des observations et en tirer des inductions d'ensemble, par son initiative brisant la routine, par ses conceptions idéales, — peut... se considérer comme formant un règne à part dans le cosmos „ (p. 333). Pour être sincère, il faut ajouter que cette pensée, très belle et très vraie, est atténuée, beaucoup trop atténuée, du fait de cette incidente : " *par un tour de l'esprit* „, remplacée par trois points

dans la citation qui précède. Ce n'est point, en effet, " par un tour de l'esprit „, mais bien par l'esprit même, que l'homme peut très légitimement se considérer comme formant un règne à part dans l'univers.

Car, contrairement sans doute à l'opinion de M. Topinard, *l'esprit,* c'est-à-dire l'intelligence raisonnable, l'âme spirituelle, est exclusif à l'homme et n'est le propre d'aucun autre être dans la nature. Sans s'en bien rendre compte peut-être, notre éminent anthropologiste en convient implicitement lui-même, quand il énonce, p. 21, que " la véritable caractéristique de l'homme, ce sont précisément les facultés psychologiques „, et que, " quels que soient nos efforts pour isoler en anthropologie le physique du moral et chercher des caractères zoologiques matériels séparant l'homme de l'animal, il nous faut reconnaître que l'abîme qu'ils établissent entre eux est bien peu de chose *à côté du gouffre qui les sépare psychologiquement.* „

Enfin, pour achever de préciser le caractère de sincérité, d'impartialité et de probité scientifique qui honore véritablement le travail de M. Topinard, nous dirons qu'il ne dissimule ni n'atténue aucune des difficultés et des objections que peut rencontrer la théorie qui lui est chère.

Ainsi, partisan ardent de la descendance animale de l'homme et de sa parenté simiesque, il n'omet aucune des différences qui creusent un si grand abîme entre nous et les singes. " Même en ne tenant pas compte de la richesse des circonvolutions cérébrales de l'homme, il existe déjà entre lui et les anthropoïdes, relativement au cerveau, une différence capitale par ses conséquences physiologiques et qui interdit tout rapprochement entre eux et lui sur ce terrain „ (p. 336).

Il observe aussi que le volume du cerveau humain, étant triple de celui des autres anthropoïdes, classe ces derniers avec les autres singes, attendu qu'il en résulte un changement complet dans la forme du crâne et dans celle de la face. En sorte que " tout plie devant la suprématie de l'organe qui, de près ou de loin, gouverne tout l'organisme humain *et le sépare violemment des Anthropoïdes.* „

Ce n'est pas seulement dans les développements et la forme du cerveau et du crâne que M. Topinard trouve un " abîme „ entre les anthropoïdes et l'homme.

La forme et les dispositions de l'avant-bras et de la main, " appareil brutal de cramponnement des singes „ chez l'anthropoïde, " fidèle exécuteur des ordres du cerveau „ chez l'homme

qui, associant ses opérations à celles du tact, y acquiert le dernier degré de précision ; l'attitude, spéciale sans doute chez les singes, mais inapte à la station verticale et plus accentuée sous ce dernier rapport chez les anthropoïdes; la main inférieure de ces derniers, perfectionnée au point de vue de la fonction de crampon, mais disposée de telle sorte que la plante ne peut s'appuyer à terre qu'à la condition d'y appuyer en même temps le dessus des orteils, retournés à cet effet; tous ces caractères, qui établissent entre l'homme et les singes proprement dits un abîme, creusent " entre l'homme et les Anthropoïdes un abîme plus grand encore „ (p. 237).

L'homme, qui est le seul " parmi les Primates „ à avoir deux mains véritables, est aussi le seul qui ait " deux pieds faits pour supporter le poids entier du corps.„ L'auteur conclut de tout cela que l'homme et les anthropoïdes doivent former deux groupes séparés dans la classification, les derniers restant des singes, et que, au résumé, " les Anthropoïdes diffèrent des singes infiniment moins qu'ils ne diffèrent des hommes. „

Il résulte de ces différences si tranchées que l'évolution n'a pas transformé en hommes des singes ou des anthropoïdes. Mais, chez un transformiste convaincu, la théorie ne perd pas ses droits pour si peu. Homme, anthropoïdes et singes proviennent d'une souche commune, les lémuriens, dont le type le plus connu est le maki ou faux-singe de Madagascar. Ces lémuriens sont, dans l'ordre des primates, comparé à un arbre, " les racines donnant naissance à une ou plusieurs souches. L'une de celles-ci est la souche des singes dont l'une des branches émet un rameau plus élevé, celui des Anthropoïdes. „ Une autre branche encore de la même souche " donne le rameau humain *actuel,* qui s'élève parallèlement à celui des Anthropoïdes, sans relation avec lui, et le dépasse. „ Seulement, et cet aveu est important à retenir, le point d'origine ou de contact de cette branche, dont est sorti le rameau humain, avec la précédente " nous échappe.„

Ainsi l'homme ne provient par descendance ni d'un anthropoïde, ni d'un singe proprement dit ; c'est ce que l'auteur a péremptoirement établi. Mais, en vertu du dogme de l'évolution, il faut cependant qu'il descende au moins d'un ancêtre commun aux singes et aux anthropoïdes. Cet ancêtre commun " nous échappe „, ce qui veut dire qu'en n'en trouve trace nulle part.

Mais alors pour ceux, assez nombreux, qui n'admettent pas la théorie transformiste comme un dogme, mais seulement comme une hypothèse plus ou moins discutable, il nous semble que la

descendance animale de l'homme, même purement corporelle, se heurte là à une assez grosse difficulté, puisqu'on ne rencontre, ni dans la nature vivante, ni dans la nature fossile, aucun être dont il pourrait physiologiquement descendre.

Enfin la fameuse " adaptation „ des évolutionnistes, cette adaptation qui a procuré à chacun des animaux sa vie propre, nous paraît bien insuffisante pour expliquer cette vie propre chez l'homme, puisqu'elle est, de l'aveu même de l'auteur, " la vie intellectuelle, celle qui, d'étape en étape, s'est glorieusement incarnée dans les Raphaël, les Newton, les Édison, les Eiffel „ (p. 349).

C'est précisément cette " vie intellectuelle „ grâce à laquelle l'homme, essentiellement progressif, peut s'élever aux plus hautes conceptions de l'absolu, de l'infini, de l'idéal, qui nous empêchera toujours d'adopter, au moins dans le sens général et sans restriction que lui donne le savant auteur, cette décourageante maxime par laquelle il termine son livre : *Memento, homo, te animalium esse.*

JEAN D'ESTIENNE.

III

COURS DE PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. THERMODYNAMIQUE. Leçons professées à la Faculté des sciences de Paris pendant le premier semestre 1888-1889, par H. POINCARÉ, membre de l'Institut, rédigées par J. BLONDIN, agrégé de l'Université. — Paris, Georges Carré, éditeur, 1892. — Un vol. in-8° de XIX-432 pages (1).

On risquerait fort de mal juger les cours de physique mathématique de M. H. Poincaré si l'on faisait abstraction des circonstances dans lesquelles ils sont professés.

(1) Voici, comme complément de l'appréciation générale que l'on va lire, un extrait de la table des matières de la *Thermodynamique* de M. POINCARÉ, qui permettra au lecteur de se faire quelque idée de la suite des sujets traités dans ce livre :

Sommaire. Préface : Sur les principes de la thermodynamique. 1. Principe de la conservation de l'énergie. 2. Indestructibilité du calorique. 3. Travaux de Sadi Carnot. 4. Le principe de l'Équivalence. 5-6. Vérification, au moyen des gaz, des corps électrisés, des piles hydroélectriques, des phénomènes électrodynamiques, etc. 7. Principe de Carnot-Clausius. 8. Entropie. Fonctions caractéristiques de M. Massieu. 9-11. Étude des gaz, des liquides

M. H. Poincaré n'est pas un physicien de profession; sa réputation d'analyste a franchi le cercle étroit de ceux auxquels les fonctions Fuchsiennes sont familières ; elle est aujourd'hui universellement répandue parmi les hommes de science qui ne peuvent même pas soupçonner le but et la portée de ses travaux, — et ceux-là sont nombreux.

Nommé professeur de physique mathématique à la Sorbonne, M. Poincaré aurait pu, comme l'ont souvent fait ses prédécesseurs, profiter de la latitude que l'absence de programme laisse à cette chaire pour y enseigner les branches de l'analyse que ses recherches ont créées ou élargies ; quitte à consacrer une dernière leçon chaque année à justifier le titre de la chaire en traitant quelques applications à la physique mathématique — on en trouve dans toutes les branches de l'analyse.

M. Poincaré a pensé qu'il y avait mieux à faire et que la physique mathématique était assez belle pour mériter d'être enseignée. Il s'est donc mis à lire les travaux des grands physiciens qui ont illustré notre siècle et à exposer à ses auditeurs, au fur et à mesure qu'elles lui apparaissaient, les idées de ces penseurs. Ce sont ces cours que quelques élèves ont recueillis, qu'ils ont rédigés et livrés au public.

Ce ne sont donc pas des traités longuement médités et mûris, des œuvres parvenues à l'unité par une longue élaboration, que nous avons devant les yeux; le lecteur qui s'attendrait à y trouver toutes les parties de la science développées avec ordre et méthode, soigneusement enchaînées les unes aux autres, éprouverait une étrange surprise en ouvrant quelqu'un de ces volumes; si l'on veut les bien comprendre, il faut les regarder comme les impressions reçues, dans de rapides excursions au travers de la physique, par un puissant esprit habitué à des méditations d'un tout autre genre.

Imaginez quelque brahme, dont l'intelligence se serait développée au milieu de cette prodigieuse civilisation hindoue, si radicalement différente de la nôtre; dont les pensées auraient été coulées dans le moule de cette nature, de cette philosophie,

et des solides; vapeurs saturées. 12. Extension du théorème de Clausius. 13. Changements d'état. 14. Application aux machines à vapeur. 15. Dissociation : théorie de Gibbs et Duhem. 16. Piles hydroélectriques : théorie de Helmholtz. Piles thermoélectriques: théories élémentaires, théorie de W. Thomson, théorie de Duhem. Remarques. 17. Réduction des principes de la thermodynamique aux principes généraux de la mécanique. Examen de la théorie d'Helmholtz.

de cette religion, qui nous semblent étranges comme des rêves ; supposez qu'il soit arraché à son immobile contemplation des flots du Gange; que, dans une tournée rapide, emporté par les steamers et les express, il parcoure en tout sens notre vieille Europe; qu'il jette sur le papier ses impressions et ses réflexions, au fur et à mesure que l'occasion les fait naître ; quel singulier effet produiraient sur nous ces notes de voyage, ces sortes de *Lettres Persanes* réelles et non feintes!

Nous y verrions notre brahme décrire longuement des objets auxquels nous n'accordons aucune importance, et jeter à peine un coup d'œil distrait sur ce que nous regardons comme le plus digne d'attention; nos idées les plus communes, celles que nous considérons comme les plus simples, les plus certaines, seraient révoquées en doute, et nous verrions affirmer sans hésitation des propositions qui nous semblent absolument paradoxales; et ce qui nous étonnerait le plus dans cette lecture où tout serait étonnant, c'est le sourire sceptique que nous devinerions, errant sur les lèvres du brahme qui aurait écrit ces pages.

Eh bien, cette sensation étrange, c'est celle que nous éprouvons, nous physiciens, lorsque nous lisons les notes tracées par l'analyste qui s'est détourné un moment de la contemplation des vérités irréelles pour parcourir notre monde, monde hanté par le souci de la réalité objective, assoiffé d'applications utiles.

Parmi les jugements qu'un brahme porterait sur nos idées, nos sentiments, il en est qui nous surprendraient plus que d'autres, parce que les idées, les sentiments auxquels ils s'appliqueraient seraient plus éloignés de ceux qui hantent le cerveau et le cœur d'un Hindou. Nul doute, par exemple, que ce brahme soit plus apte à comprendre les méditations d'un métaphysicien allemand que les préoccupations d'un marchand de la Cité.

De même, les enseignements de M. Poincaré surprennent d'autant moins le physicien que les parties de la physique dont ils traitent ont, avec l'analyse, un contact plus intime; ils étonnent davantage lorsqu'ils portent sur quelqu'une de ces branches où la part des mathématiques est plus restreinte, où le raisonnement se moule de plus près sur l'expérience, où les définitions cherchent à exprimer plus exactement et plus immédiatement les notions reçues par les sens.

La Thermodynamique est une de ces branches; il n'est aucune branche de la physique théorique où la part de l'analyse mathématique soit plus restreinte, où les qualités propres du physicien, la précision dans les définitions, la critique minutieuse du sens

et de la portée des données de l'expérience, soient plus complètement requises. C'est sans doute la raison pour laquelle le volume consacré par M. Poincaré à la Thermodynamique nous paraît si étrange.

De cette étrangeté, nous ne voulons retenir que deux exemples : l'un concerne une définition, l'autre une démonstration.

Il y a, en Thermodynamique, une notion essentielle : c'est celle de transformation réversible ; pour les physiciens qui se sont le plus occupés de Thermodynamique, la transformation réversible est une modification purement idéale, une suite d'états d'équilibre, limite commune de deux séries de modifications inverses ; pour M. Poincaré, une modification réversible est une modification réalisable.

M. Poincaré expose le principe de Carnot-Clausius à peu près comme l'expose Clausius, pour les systèmes définis par une température uniforme et un autre paramètre ; puis il développe une démonstration longue et compliquée destinée à étendre ce principe aux systèmes dont la température est variable d'un point à l'autre et dont la définition exige, en outre, la connaissance de plusieurs autres paramètres. Or les physiciens jugeront, je pense, que les difficultés très réelles que présente cette partie de la Thermodynamique ne sont ni résolues, ni même abordées par cette démonstration.

Il y a, dans ces leçons de Thermodynamique, bien des points qu'il serait intéressant de discuter ; mais ce n'est pas ici le lieu de le faire et, d'ailleurs, cela nous entraînerait bien loin ; contentons-nous donc de conclure.

Aux étudiants qui veulent apprendre la Thermodynamique ; aux ingénieurs qui ont besoin d'avoir, sur cette science, des idées nettes et précises, nous dirons sans hésiter : ne lisez pas le livre de M. Poincaré ; il n'a pas été écrit pour vous ; il ne pourrait que vous égarer.

Mais à ceux qui savent la Thermodynamique et qui veulent, comme il convient au savant consciencieux, soumettre sans cesse leurs idées au crible de la critique et de la contradiction, nous disons : lisez et relisez les leçons de M. Poincaré, car il y a tout avantage pour vous à connaître les jugements portés sur votre science par quelqu'un, qui n'a fait que la traverser, mais qui l'a vue avec l'un des esprits les plus puissants et les plus originaux de ce temps ; ses impressions vous surprendront souvent, vous scandaliseront parfois ; mais, assurément, vous y trouverez profit et intérêt.

P. Duhem.

IV

La Vie et l'Hérédité, par P. Vallet, prêtre de Saint-Sulpice. — Un vol. in-18, de XI-388 pages. — Paris, V. Retaux et fils, 1891.

Une des questions les plus mystérieuses de la science, la *Vie,* fait l'objet de cet important ouvrage, que l'auteur divise en deux parties. La première, sauf un chapitre intéressant sur l'*activité dans la matière* (ch. I), est tout entière consacrée à la vie et à ses différentes formes, vie végétative (ch. II), vie animale (ch. III), vie intellectuelle et morale (ch. IV).

Quant à la deuxième partie, elle a pour objet l'*Hérédité* et traite de l'existence de la loi héréditaire (ch. I), de sa complexité et de son étendue (ch. II et III), du fondement de l'hérédité (ch. IV) et de ses rapports avec la loi des milieux, l'éducation, le progrès et la liberté (ch. V et VI).

Ce court exposé suffit pour montrer le nombre et l'importance des questions que soulève et résout M. Vallet, en s'appuyant toujours et sur les données des sciences expérimentales et sur les principes de la philosophie de saint Thomas d'Aquin.

Il serait trop long d'analyser chapitre par chapitre un ouvrage de cette étendue. Il me paraît plus utile de faire connaître la pensée dominante de l'auteur, celle qui détermine le point de vue sous lequel il envisage les différentes partie de son sujet.

I. — Le problème de la vie a reçu et reçoit encore deux solutions contradictoires.

La *théorie mécanique,* fort en vogue aujourd'hui et que certains auteurs posent même en dogme (1), soutient que la pensée se ramène à la sensation, la sensation à la vie et la vie à un simple mouvement. D'après cette théorie, rien n'existe dans la nature que la matière inerte et le mouvement. Toute diversité qualitative peut et doit se réduire à une simple différence quantitative dans la distribution de la masse et du mouvement ; et la distinction des trois règnes, minéral, végétal et animal, n'est nullement une distinction essentielle. " La théorie mécanique regarde l'être vivant comme une machine dont les ressorts sont harmonisés de manière à recevoir, transmettre et transformer le mouvement communiqué par le dehors „ (p. 62).

(1) Que la conception mécanique du monde s'accorde ou non avec telle ou telle philosophie, il faut s'y tenir : c'est notre ancre de salut (J. Soury).

M. Vallet défend, au contraire, la *doctrine thomiste* sur la nature de la vie et du principe vital. D'après saint Thomas d'Aquin, non seulement la vie n'est pas réductible à un mouvement, mais la matière inorganique elle-même n'est pas inerte, en sorte que le caractère commun à tous les êtres vivants, ce n'est pas l'activité, c'est la spontanéité.

La spontanéité est, suivant la définition de M. Vallet, " une force intime, en vertu de laquelle un être est capable de se mouvoir lui-même, de diriger dans une certaine mesure son activité propre vers une fin déterminée, de poursuivre cette fin avec constance, et de résister aux agents extérieurs qui voudraient l'en détourner, ou lui imprimer une direction contraire „ (p. 37).

Cette force intime est proportionnelle à l'indépendance de l'être vivant à l'égard des forces physiques, et à l'influence qu'il peut exercer sur elles pour les modifier et les diriger. Nulle dans les corps bruts, qui sont entièrement soumis aux lois mécaniques, à son plus faible degré dans le végétal, la spontanéité atteint son maximum chez l'animal et surtout chez l'homme.

Les êtres vivants ne peuvent à aucun prix se passer des forces générales de la nature. " Le fait est incontestable, observe M. Vallet (p. 72), mais il n'atteint aucunement la théorie de la spontanéité. L'instrument, la condition *sine qua non* est nécessaire à l'agent principal, et pourtant nul ne songe à regarder l'instrument et la simple condition comme la cause véritable de l'effet produit. Or, Cl. Bernard lui-même en a fait expressément l'aveu, la matière est bien la condition et le *substratum* de la vie végétative, mais elle ne l'engendre pas... Elle ne fait que donner aux phénomènes leurs *conditions de manifestation,* seul intermédiaire par lequel le physiologiste peut agir sur la vie. „

Les phénomènes vitaux sont la manifestation du principe vital et non des forces physico-chimiques. Le principe vital tient ces forces sous son empire; il leur résiste quelquefois, et toujours il les dirige, les emploie à son usage et les fait tourner à son bien. C'est un fait signalé et commenté avec force par Cl. Bernard.

" Il y a, dit ce physiologiste, comme un dessein vital qui trace le plan de chaque être et de chaque organe, en sorte que si, *considéré isolément,* chaque phénomène de l'organisme est tributaire des forces générales de la nature, *pris dans leur succession et dans leur ensemble,* ils paraissent révéler un lien

spécial, ils semblent dirigés par quelque condition indivisible dans la route qu'ils suivent, dans l'ordre qui les enchaîne. Ainsi les actions chimiques synthétiques de l'organisme et de la nutrition se manifestent comme si elles étaient dominées par une force impulsive gouvernant la matière, faisant une chimie appropriée à un but, et mettant en présence les réactifs aveugles des laboratoires, à la manière du chimiste lui-même... C'est cette puissance évolutive qui constituerait le *quid proprium* de la vie, car il est certain que cette propriété évolutive de l'œuf, qui produira un mammifère, un oiseau ou un poisson, n'est ni de la physique, ni de la chimie „ (1).

La matière inorganique se prête à n'importe quelle direction et modification, et le mouvement qu'elle reçoit lui est communiqué par le dehors avec une équivalence parfaite, sans que la réaction devienne jamais supérieure à l'action ou à l'impression reçue. Il n'en est pas de même pour l'être vivant.

Dans la nutrition, par exemple, ce qu'il reçoit est une matière inorganique, et ce qu'il produit est une matière organisée, à laquelle il imprime sa forme et qu'il fait à sa propre image.

L'activité de la matière vivante se distingue encore essentiellement de l'activité propre au minéral par la mutation perpétuelle de ses éléments, tandis que la stabilité des éléments est le terme vers lequel tend l'activité de la matière inorganique.

Enfin la vie latente, l'acclimatement, la mort même, sont autant de phénomènes qui séparent l'être vivant du minéral.

Ainsi le caractère commun à tous les vivants, le *quid proprium* de la vie, c'est la spontanéité.

Plusieurs écrivains de l'école thomiste professent que l'immanence est ce qui distingue essentiellement un acte vital de tout autre acte.

Telle n'est pas l'opinion de M. Vallet. Le principe vital réside sans doute au dedans de l'être vivant; mais il n'exerce pas nécessairement son activité au dedans de son sujet. La génération, acte vital par excellence, ne produit-elle pas son effet *ad extra ?*

L'activité n'est pas non plus le caractère essentiel de la vie. Le minéral la possède aussi bien que le végétal ou l'animal. La cohésion, la cristallisation et l'affinité élective des corps prouvent, avec la gravitation, que la matière n'est pas inerte.

L'atome porte en lui-même un principe d'activité capable

(1) Cl. Bernard, *La Science expérim.*, p. 209-210, cité par M. Vallet, p. 71.

d'orienter dans une certaine direction l'impulsion qu'il reçoit du dehors.

Impuissant à créer de l'énergie, il peut du moins diriger cette énergie indifférente par elle-même. Ainsi, par exemple, " l'étincelle électrique qui traverse l'eudiomètre est indifférente, elle décomposera l'ammoniaque ou combinera l'oxygène et l'hydrogène : l'effet produit va dépendre de la vertu ou activité propre des éléments qui l'utilisent „ (p. 10).

En résumé, le caractère commun à tous les êtres vivants, ce n'est ni l'activité, ni l'immanence, c'est la spontanéité.

" Force simple et une, non localisée dans telle ou telle partie, mais pénétrant chacune de sa vertu intime pour constituer une communauté, source première en même temps que lien de toutes les énergies secondaires, le principe vital préside à tous les mouvements et les dirige tous vers une fin supérieure, qui est le bien général de l'individu... Otez à l'organisme le principe supérieur qui retient les diverses cellules dans le tout et les oblige à travailler au bien commun, c'en est fait de l'être vivant ; il perd l'être en même temps que l'unité „ (p. 90).

A cette théorie on objecte la *divisibilité* de l'être vivant, et quelques scolastiques sont disposés à faire des concessions sur la question de l'unité dans les vivants d'un ordre inférieur. Ces concessions sont inutiles d'après M. Vallet. Si la vie locale est plus développée et l'unité moins profonde dans les organismes inférieurs, cette unité se révèle cependant à des signes incontestables.

L'objection de la divisibilité ne porte aucune atteinte réelle à l'unité du principe vital. On peut lui faire deux réponses différentes.

La première consiste à dire que le principe vital, pour être simple et indivisible de sa nature, n'en est pas moins sujet, *accidentellement,* aux diverses vicissitudes qui peuvent affecter la matière à laquelle il est attaché et dont il partage le sort.

La seconde réponse, que préfère M. Vallet, n'admet pas que la division de la matière entraîne la division, même accidentelle, du principe vital. Mais cette division donne naissance, par une sorte de génération, à plusieurs âmes distinctes qui se trouvaient *en puissance* dans l'organisme primitif.

" Dans ces organismes rudimentaires dont toutes les parties se ressemblent, chaque partie est apte à former un tout, et conséquemment à posséder une âme distincte. Une âme est donc tirée de la matière où elle était en puissance dès que

la division a donné naissance à un nouvel individu matériel „ (p. 92).

Si la spontanéité distingue nettement la matière inorganique de la matière vivante, la sensation établit, à son tour, une barrière infranchissable entre le végétal et l'animal ; et la pensée, entre l'animal et l'homme.

Dans la plante, la spontanéité est inconsciente et l'évolution a lieu en vertu d'une impulsion de la nature, tandis que l'animal tend vers un but connu de lui et se dirige lui-même en vertu de sa propre connaissance.

L'irréductibilité de la pensée à la sensation est un point fort controversé de nos jours. Aussi M. Vallet consacre-t-il à sa démonstration le dernier chapitre de la première partie.

Avec saint Thomas, il distingue deux sortes de connaissances, la connaissance sensible et la connaissance intellectuelle.

La connaissance sensible ou sensation tend uniquement à représenter une réalité concrète et matérielle, comme un paysage ; la connaissance intellectuelle ou idée a pour objet de représenter le fond et la nature des choses, la réalité abstraite et générale, comme l'être, l'humanité, la cause, etc.

Tout ce que représente la sensation est étendu et divisible, situé dans un point déterminé de l'espace et du temps, soumis à la mesure du poids ou du volume. La pensée ne présente aucun de ces caractères ; elle est affranchie du temps et de l'espace.

Une faculté dépendante de la matière ne dépasse jamais la sphère restreinte assignée à l'organe dont elle dépend. La vue ne connaît que les couleurs, l'ouïe les sons, l'odorat les odeurs, et ainsi des autres sens. Et cela, parce qu'un organe est un instrument destiné à une fonction précise et est si bien approprié à cette fonction, qu'il n'a aucune espèce d'aptitude pour une fonction différente. " Si donc la raison était liée à un organe matériel et si elle ne pouvait agir que sous la dépendance de cet organe, elle demeurerait forcément enserrée dans le cercle étroit de certaines propriétés spéciales, sans avoir la moindre échappée sur les autres domaines de la nature. Ainsi, de ce fait certain que la raison humaine peut embrasser du regard l'immense champ du monde matériel, on est en droit de conclure qu'elle a une opération qui lui est propre et où l'organisme n'a point de part „ (p. 175).

La connaissance intellectuelle ou pensée se différencie essentiellement de la connaissance sensible ou sensation, en ce qu'elle relève d'une faculté immatérielle, affranchie des conditions organiques.

En terminant l'analyse de cette première partie, je dois signaler une thèse déjà défendue par M. Vallet dans un autre ouvrage (1), et qu'il formule en ces termes dans son étude sur la vie: " En thèse générale, les mouvements de l'animal sont déterminés par la passion éclairée par la connaissance. Et comme *le cœur est l'organe des passions,* il peut être tenu pour le principe physique du mouvement „ (p. 169).

II. — Après avoir étudié les différentes formes que peut revêtir la vie, M. Vallet se demande quelle en est la source et aborde le grave problème de l'*Hérédité.*

L'hérédité, dit-il, est " un lien secret qui rattache les descendants à leurs ascendants, et fait que ceux-là reproduisent les traits de ceux-ci, dans le degré de fidélité que permet la complexité des circonstances „ (p. 252).

Ici encore nous retrouvons les deux solutions contradictoires du problème de la vie. L'une des conséquences de la théorie mécanique, c'est que l'hérédité est l'unique source de la vie.

Cette conséquence est en contradiction avec les faits, et M. Vallet démontre, en s'appuyant sur les données de l'expérience et de l'observation, que l'hérédité, surtout chez les êtres supérieurs, ne peut être la source unique de la vie : elle ne donne ni l'âme, ni la conscience, ni la réflexion, ni la liberté; rien, en un mot, de ce qui fait la meilleure partie de notre personnalité.

Il y a deux grandes formes d'hérédité, l'hérédité immédiate et l'hérédité médiate. La première exprime l'action du père et de la mère sur leurs enfants; la seconde, plus connue sous le nom d'atavisme, désigne le cas où les enfants ressemblent à leurs grands-parents ou à des parents plus éloignés, sans ressembler à leurs parents immédiats.

Tout être vivant, végétal, animal ou homme, est soumis à l'influence de l'hérédité; et cette influence peut s'étendre à toutes les aptitudes physiologiques, psychologiques, pathologiques, et même aux caractères acquis.

La loi héréditaire s'applique assez rigoureusement aux aptitudes attachées à l'organisme (phénomènes physiologiques, sensations et passions), mais elle perd une grande partie de sa force quand elle passe dans la région supérieure de l'intelligence et de la volonté. Ainsi les familles de peintres et de musiciens

(1) P. Vallet, *La Tête et le cœur,* 2e éd., Paris, 1891.

sont plus nombreuses que les familles de savants. Les familles de poètes sont extrêmement rares; et il n'existe aucun exemple précis et constant de transmission du génie.

De ces faits d'observation M. Vallet tire une double conclusion : d'abord que la sensation et la pensée sont deux phénomènes distincts, ensuite que l'hérédité n'est pas l'unique source de la vie.

L'hérédité est une loi mixte qui intéresse en même temps le physique et le moral. L'hérédité physiologique a pour fondement le principe de causalité : *Agens agit simile sibi; generans generat sibi simile.*

Quant à l'hérédité psychologique, son fondement est un principe que saint Thomas formule en ces termes : *Quidquid recipitur, per modum recipientis recipitur.* " Tout ce qui est reçu dans un sujet y est reçu suivant la mesure et la capacité de ce sujet, et par suite toute âme qui est reçue dans un organisme y est reçue suivant la mesure et les diverses dispositions de cet organisme „ (p. 328).

L'âme doit commencer par subir les conditions de l'organisme en qui elle est reçue, et l'hérédité physiologique détermine l'hérédité psychologique.

Mais la réciproque est également vraie: l'âme influe à son tour sur le corps, elle lui fait contracter peu à peu des habitudes particulières, et le façonne suivant ses dispositions personnelles. „ Est-elle débile ou vicieuse? La langueur du regard et la dépression de la physionomie ne tardent pas à le dire bien haut. Se livre-t-elle aux nobles travaux de la pensée, aux exercices sanctifiants de la charité ou de la prière? Le visage s'anime, s'éclaire, s'illumine et revêt quelque chose de l'immatérielle beauté „ (p. 334).

L'organisme étant donné par la génération, l'effet doit ressembler à sa cause et l'enfant doit reproduire ce qu'il a reçu de ses parents et de ses ancêtres. Mais, en fait, l'hérédité ne se réalise jamais dans les conditions idéales de l'axiome *agens agit simile sibi;* et, tout en étant la loi, elle est toujours l'exception, c'est-à-dire qu'elle ne réussit jamais à transmettre la totalité des caractères de l'être vivant.

Les différences entre les enfants d'une même famille s'expliquent : 1° par la diversité des facteurs, le père et la mère ; 2° par leurs dispositions au moment même de la procréation; et 3° par l'atavisme.

Rien n'est isolé dans la nature ; toute force trouve en face

d'elle d'autres forces avec lesquelles il lui faut compter. Les forces rivales de l'hérédité sont surtout l'action des milieux, l'éducation et la liberté.

Le mot *milieu* désigne l'ensemble des conditions extérieures dans lesquelles se trouve placé un organisme durant le cours de sa vie. La loi des milieux est subordonnée à la loi de l'hérédité.

L'hérédité influence nécessairement l'organisme, comme la pesanteur attire nécessairement les corps vers le centre de la terre, en sorte que, si rien ne s'y oppose, l'effet se produira infailliblement. Mais la loi des milieux n'agit pas nécessairement; elle n'agit que par le dehors, et son action a quelque chose de plus ou moins accidentel.

Il en est de même de l'éducation et de l'instruction. Elles contrebalancent dans une large mesure les influences héréditaires, au double point de vue intellectuel et moral; et tout être vivant est susceptible de recevoir des habitudes, c'est-à-dire une direction nouvelle plus ou moins différente de celle qu'il tient de la nature.

" Mais la puissance de l'éducation est en proportion de la vitalité du sujet : bornée dans la plante, plus développée chez l'animal, elle atteint dans l'homme le *maximum* de ses effets. L'homme a deux propriétés distinctives qui lui permettent de s'assimiler, plus qu'aucun être, l'influence éducatrice : nous voulons parler de la réflexion et de la liberté. Par la première, il comprend les enseignements qu'on lui donne ; par la seconde, il se détermine à sortir de la voie dont on lui montre l'issue fatale, pour entrer dans celle qui répugne peut-être à ses instincts, mais dont il aperçoit le terme heureux „ (p. 346).

Les rapports de la liberté et de l'hérédité soulèvent de nombreuses controverses.

" L'hérédité et la liberté, dit M. Ribot (cité par M. Vallet, p. 358), se posent, l'une en face de l'autre, comme deux termes contraires et inconciliables. „

Mais, répond M. Vallet, même en admettant l'universalité absolue de la loi héréditaire, on peut faire observer que, si l'hérédité transmet, sans aucune exception, toutes les propriétés des ascendants, " elle peut, bien plus, elle doit transmettre aussi la liberté, à supposer qu'ils possèdent en effet cet attribut. Car si les ascendants sont libres, la liberté, comme les autres parties du patrimoine, devra se trouver comprise dans l'héritage des ascendants „ (p. 359).

La nature ne supprime pas la liberté de l'individu. Il ne faut

pas oublier que l'hérédité ne transmet pas des actes, des états ou des habitudes, mais seulement des tendances, des dispositions, à telle ou telle habitude. C'est à l'influence d'un agent autre que l'hérédité qu'est due l'éclosion de ces germes, c'est-à-dire l'habitude déterminée et passée en acte.

Même dans l'ordre physiologique, l'action héréditaire, loin d'être uniforme et rigide, revêt de telles variations qu'il est à peu près impossible de savoir comment elle évoluera en passant des parents aux enfants.

Les faits démontrent jusqu'à l'évidence tout ce qu'il y a de contingent et d'aléatoire dans les tendances héréditaires.

Enfin l'hérédité n'est pas, comme le suppose l'école évolutionniste, une loi uniquement et essentiellement bienfaisante. Le progrès n'a aucun rapport nécessaire avec l'hérédité. " S'il dépend en partie du temps qui *permet* de l'accomplir, il dépend avant tout du travail et du bon usage des facultés humaines " (p. 376).

Le bon ou le mauvais usage de la liberté jouent ici le rôle décisif, et l'hérédité n'est ni une loi de décadence, ni une loi de progrès ; elle peut indifféremment servir à l'un ou à l'autre.

Telle est la doctrine qu'expose M. Vallet dans son livre sur *La Vie et l'Hérédité,* que nous recommandons aux lecteurs de la *Revue.* Cet ouvrage contient l'exposé et la solution d'une foule de questions intéressantes, pratiques et actuelles. C'est une défense du spiritualisme basée sur les données de la science contemporaine, harmonisées avec la philosophie de saint Thomas d'Aquin, philosophie qui fait, dans le composé humain, une très grande part à l'organisme.

Dr A. Goix.

V

Étude expérimentale calorimétrique de la machine a vapeur, par V. Dwelshauvers-Dery, ingénieur, professeur à l'Université de Liége *(Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire,* publiée sous la direction de M. Léauté, membre de l'Institut). — Petit in-8° de 213 pp. — Paris, Gauthier-Villars, 1892.

Le livre de M. Dwelshauvers n'est pas un résumé ou une simple exposition des travaux mémorables de Hirn et de ses illustres collaborateurs, qui eurent pour résultat, en jetant la lumière sur des faits jusque-là complètement ignorés ou fausse-

ment interprétés, d'arracher à la machine à vapeur le secret intime de son fonctionnement. S'engageant dans la voie ouverte par le célèbre ingénieur, M. Dwelshauvers a poussé jusqu'au bout la force de la théorie et la rigueur des conséquences. Son *Étude expérimentale calorimétrique de la machine à vapeur* renferme la *théorie pratique* ou *expérimentale* de la machine à vapeur, constituée en un corps de doctrine complet par lui-même, pouvant conséquemment être étudiée et comprise par ceux-mêmes qui ne posséderaient que les notions générales de la théorie mécanique de la chaleur. Dans une introduction, sont rappelées en effet toutes les formules relatives à la vapeur d'eau saturée (humide ou sèche) et à la vapeur surchauffée, ainsi que la formation et l'usage des tables; on y trouve également la notion du poids gravimétrique et celle de l'entropie, qui doivent recevoir leur application dans les calculs relatifs à la détente adiabatique de la vapeur et au rendement du cycle de Carnot. Ces formules sont les seules dont il soit fait usage dans l'établissement de la théorie pratique, les raisonnements et les calculs qui y conduisent n'étant tous que l'application immédiate du principe fondamental de thermodynamique appliquée que traduit l'équation générale :

$$Q = \int c\,dt + AT_i + AT_e \text{ ou } Q = \Delta U + AT_e,$$

dont les six équations de la théorie pratique ne sont que des formes particulières.

Le premier chapitre, consacré à l'*Exposition du sujet,* renferme la description et l'explication, au point de vue thermique, du fonctionnement de la machine à vapeur : une *chaudière* avec son foyer, où l'eau est chauffée puis réduite en vapeur; un *cylindre à vapeur,* où s'accomplit le mystère de la transformation d'une partie de la chaleur de la vapeur en quantité de travail équivalente, à raison de 425 kilogrammètres par calorie; un *condenseur* où, par le contact d'un corps froid, la vapeur qui a travaillé est condensée et refroidie. Outre ces trois phénomènes fondamentaux, d'autres faits se produisent d'une façon connexe, dont le rôle n'est pas moins essentiel : les pertes continues de chaleur par rayonnement dans l'atmosphère, et dans le cylindre, une série de phénomènes thermiques dus à des échanges de chaleur entre le métal et la vapeur, et qu'il est de la plus haute importance, au point de vue de l'économie et du rendement, de connaître et d'apprécier. La production simultanée de ces divers phénomènes est exprimée par l'*équation de contrôle* de Hirn :

« La quantité de chaleur sortie de la chaudière avec la vapeur est égale à celle qui se transforme en travail dans le cylindre, plus celle qui est rejetée au condenseur, plus celle qui est perdue par rayonnement dans l'atmosphère », relation qui doit être vérifiée dans tout essai de machine.

L'auteur passe ensuite à l'expression du *rendement en travail indiqué* ou *rendement réel absolu en chaleur :* c'est le rapport de la quantité de chaleur transformée en travail à la quantité totale de chaleur fournie à la vapeur; mais ce rendement, comme l'auteur le montre, est le produit de plusieurs facteurs ou *coefficients de rendement :* la thermodynamique enseigne en effet que, d'une certaine dépense de chaleur et au moyen d'une chute de température donnée, on ne peut retirer (par le cycle de Carnot) qu'un travail maximum correspondant à une fraction f_1 de la dépense totale; f_1 est donc la *fraction disponible,* et comme la machine à vapeur n'atteint même pas ce rendement maximum, on pourra envisager f' comme le produit : $f_1 \times f_2$, f_2 étant le *rendement du cycle* ou *du cylindre.*

Dans le chapitre suivant, intitulé : *Des moyens d'augmenter les rendements,* ces deux coefficients sont successivement étudiés dans leur influence sur la valeur du rendement. L'auteur y démontre que le cycle de Carnot, qui donnerait le travail maximum, est pratiquement irréalisable, et il introduit la notion nouvelle d'un *cycle pratique idéal* d'une machine réelle, correspondant à une *fraction pratiquement disponible,* et qu'il propose de substituer au cycle de Carnot pour l'évaluation du rendement des machines.

Dans le chapitre III, nous trouvons exposée d'une façon originale et très figurative la série des phénomènes thermiques dus à l'action des parois sur la vapeur; puis le *Principe d'économie,* énoncé par M. Dwelshauwers-Dery, dont la réalisation constitue le but commun vers lequel tendent toutes les dispositions en usage pour utiliser la chaleur cédée par la vapeur aux parois et améliorer le rendement des machines: expansions multiples dans les machines polycylindriques, enveloppes à vapeur, surchauffe de la vapeur; tous moyens dont les modes d'action sont successivement mis en lumière.

Le chapitre IV constitue la partie de l'ouvrage qui est la déduction de tous les faits précédemment exposés et le couronnement de l'œuvre: c'est la *Théorie pratique* de la machine à vapeur, non pas simplement conçue, comme Hirn l'avait fait, mais traduite algébriquement, formulée par des chiffres qui

donnent la mesure de tous les phénomènes qui s'accomplissent pendant les quatre phases d'une course double du piston (admission, détente, émission, compression). La théorie des machines à expansions multiples s'y trouve exposée après celle des machines à un seul cylindre. Enfin le dernier chapitre, consacré à l'analyse de plusieurs essais de machines, et où l'auteur fait usage de sa méthode de représentation graphique des échanges de chaleur, renferme aussi des indications précieuses sur la manière dont ces essais doivent être conduits pour aboutir à des résultats certains.

N'oublions pas de mentionner des tables très complètes de la vapeur d'eau saturée, et une bibliographie étendue de tous les ouvrages sur la matière, qui terminent le volume.

Cette rapide analyse fera naître, nous l'espérons, chez ceux de nos lecteurs qui construisent ou emploient la machine à vapeur, le désir de prendre connaissance de l'ouvrage de M. Dwelshauwers. Il ne sera d'ailleurs pas moins utile au théoricien qu'à l'ingénieur ou au constructeur, car cette *Théorie pratique* de la machine à vapeur, si nettement conçue, si rigoureusement formulée, restera un document important dans les discussions et les controverses auxquelles ont donné lieu les célèbres travaux de Hirn, et au sujet desquelles, probablement, on n'a pas encore dit le dernier mot.

PAUL DAUBRESSE.

VI

ANNUAIRE DE L'OBSERVATOIRE ROYAL DE BELGIQUE, par F. FOLIE, directeur de l'Observatoire, etc.; 1892, 59e année. — Bruxelles, F. Hayez, 1892.

Le transfert de l'Observatoire royal de Bruxelles à Uccle a introduit une modification dans le titre de cette utile publication; elle s'appellera désormais : *Annuaire de l'Observatoire royal de* BELGIQUE, et non plus de BRUXELLES.

Le volume actuel, comme les précédents, est riche en renseignements de tous genres qui s'adressent à une foule de lecteurs. Leur choix et leur arrangement ont peu varié.

Les divisions principales de l'*Annuaire* sont relatives aux éphémérides et données astronomiques (103 pages); à la Géodésie (17 pages); à la Géographie de la Belgique (9 pages); aux poids et mesures (5 pages); aux constantes physiques (30 pages)

et à la statistique belge (75 pages). Les notices scientifiques occupent la seconde moitié du volume.

La première donne le résultat provisoire des observations faites en vue de déterminer la différence de longitude entre les observatoires de Bruxelles et d'Uccle : la valeur définitive tombera très probablement entre 2^s, 25 et 2^s, 30.

M. Folie s'occupe, dans la seconde et la troisième, de la nutation initiale et des formules correctes du mouvement de rotation de la terre.

Vient ensuite un article nécrologique, dû également à M. Folie, et consacré à J.-B. Liagre, Éd. Mailly et Stas; tous trois n'ont cessé de faire partie de la Commission de l'Observatoire instituée après la mort d'Ad. Quetelet, et ont formé le Comité chargé, par intérim, de sa direction après que Houzeau eut donné sa démission.

Sous le titre: *L'Activité solaire pendant l'année 1890,* M. l'abbé Spée résume les observations des taches, des facules et des protubérances recueillies surtout dans les observatoires de Rome et de Palerme : le minimum de la période actuelle de l'activité solaire semble devoir être fixé au mois de novembre 1889.

L'afflux que les *Léonides* présentent chaque année, du 9 au 17 novembre, a été observé à Uccle en 1891. M. Niesten donne le tableau de ces observations.

La notice suivante sur *Le climat de la Belgique en 1891,* due à M. Lancaster, est la plus longue (168 pages) et, à plusieurs titres, la plus intéressante du volume. Elle a été publiée à part, comme ses devancières parues aussi dans l'*Annuaire* depuis 1886. Il n'est pas douteux qu'elle ne soit, comme les précédentes, fort appréciée du public et ne trouve de nombreux lecteurs parmi ceux qui, dans un but scientifique ou pratique, s'intéressent à la météorologie de la Belgique (1).

Le tableau des astéroïdes découverts en 1891, et celui des comètes observées ou découvertes en 1891, terminent le volume.

J. T.

(1) Signalons en passant, parmi les publications météorologiques émanées de l'Observatoire d'Uccle, deux mémoires récents de M. J. Vincent, météorologiste de l'Observatoire. Le premier, fort intéressant et plein d'érudition, a pour titre : *Cirro-stratutus et Alto-stratus.* (Extrait des *Mém. couronnés et des Mém. des savants étrangers* publiés par l'Académie royale de Belgique, 1891.) Il a trait à l'observation, à la classification et à la transformation des nuages. Il est accompagné d'une belle photographie de nuages due à M. W. Prins. Le second, d'ordre pratique, est relatif au *Contrôle des abris thermométriques de l'Observatoire d'Uccle.*

LOUIS-PHILIPPE GILBERT

La *Société scientifique de Bruxelles* a perdu, le 4 février dernier, en la personne de Louis-Philippe Gilbert, l'un de ses membres les plus éminents; l'Université de Louvain, un de ses professeurs les plus renommés; la Belgique, un de ses enfants d'adoption qui lui faisaient le plus honneur.

Nous espérons retracer ailleurs, d'une manière complète, sa carrière de savant et d'historien des sciences. Mais pour satisfaire aux vœux des membres de cette *Société scientifique* à laquelle il a donné entièrement les années les plus belles et les plus fécondes de sa vie, qu'il nous soit permis d'en faire aujourd'hui au moins une esquisse rapide; nous y joindrons quelques détails biographiques empruntés aux pages émues que lui a consacrées M. de la Vallée Poussin, dans la *Revue générale* (1).

" Philippe Gilbert naquit le 7 février 1832 à Beauraing. Son père, ancien officier français, issu lui-même d'une famille militaire, semble lui avoir communiqué la décision et l'esprit de persévérance dans le travail. Quant à sa mère, elle lui transmit le sang de la vieille et noble race flamande des de Cauwer dont il n'a démenti, ni dans l'accomplissement de ses devoirs, ni dans ses affections, l'énergique devise : *Non frigide, sed fervide.* „

(1) *Revue générale*, t. LV, livraison de mars 1892, pp. I-IV. Les passages entre guillemets sont empruntés à cette notice. MM. Ballion, Catalan, Laisant, Vanderhaeghen, Vicaire nous ont aussi fourni des renseignements pour cette notice ou pour la bibliographie qui la suit. Nous leur adressons à tous nos bien vifs remerciements.

Après de brillantes études moyennes au collège de Dinant où un maître habile, Th. Lambert, l'initia aux mathématiques et les lui fit aimer, il fréquenta les cours de la Faculté des sciences de l'Université catholique de Louvain. Il y devint l'élève de prédilection de Pagani. Il alla ensuite à Paris écouter les leçons de Lamé et d'autres maîtres illustres. En 1855, il conquit, avec la plus grande distinction, le diplôme de docteur en sciences physiques et mathématiques, et, au mois d'octobre de la même année, il succéda à Pagani dans la chaire d'analyse infinitésimale et de mécanique analytique de l'Université de Louvain. Plus tard, il fut aussi chargé du cours de physique mathématique.

" Dieu ouvre alors à cette riche nature, dit M. de la Vallée Poussin, un champ de trente-cinq années, lui assurant pour cet intervalle, en même temps que la santé du corps et la vigueur, ces dons intérieurs que nous avons eu tant de fois l'occasion d'admirer : une mémoire merveilleuse, un esprit net, pénétrant, rigoureux, presque universel, une puissance incomparable de travail, — il y consacre dix heures par jour durant toute sa vie, — une imagination artistique qui lui permet de savourer les beautés de la nature et de l'art et en fait un écrivain supérieur. Et nous sommes témoins que ces dons précieux ont été dépensés, hélas! sans le repos nécessaire, mais aussi consacrés, chaque jour et sans merci, au progrès, à la diffusion de la vérité „, à la défense de la Religion et de la vraie Science.

Au dire de tous ceux qui ont eu le bonheur d'entendre ses savantes leçons, Gilbert fut un professeur éminent. Nous n'avons pas eu l'occasion d'assister à ses cours universitaires, mais à chacune de nos sessions il a pris souvent la parole, soit dans nos assemblées générales, soit dans les réunions de la première section, dont il était l'un des membres les plus zélés et les plus assidus : nous pouvons rendre témoignage de l'originalité de sa pensée, de l'étendue et de la richesse de son érudition, de l'ordre et de la clarté de son exposition. Ce sont ces qualités d'ailleurs qui distinguent son *Cours d'analyse infinitésimale* et son *Cours de Mécanique analytique,* excellents manuels de chacun desquels Gilbert a dû publier trois éditions en quinze ans. Il les a tenus au courant de la science avec un soin jaloux, parfois au prix d'un travail considérable de remaniements et d'additions ; mais en même temps, il a toujours su leur conserver leur caractère de livres d'enseignement, par les exercices nombreux et gra-

dués dont il les a enrichis. Au moment de sa mort, une quatrième édition de son *Cours d'analyse infinitésimale* était sous presse.

En même temps qu'il initiait de nombreuses générations d'élèves aux mathématiques supérieures et à la physique mathématique, Gilbert publiait d'année en année des recherches originales de plus en plus profondes. Nous avons essayé d'en donner une liste à peu près complète, en supplément à cette notice. Nous osons dire qu'elle sera une révélation pour beaucoup de nos lecteurs qui ne se doutent pas des multiples directions de la pensée où Gilbert se mouvait à l'aise. Rien que l'énumération des recueils où parurent ses notes et mémoires serait fastidieuse : nous en avons compté près de vingt, et il est presque certain que nous en avons oublié.

Ses premiers travaux furent publiés dans les Recueils de l'Académie royale de Belgique, de 1857 à 1873. Ils se rapportent à l'analyse, à la géométrie infinitésimale et à la physique mathématique. Nous citerons particulièrement ses *Recherches sur le développement de la fonction gamma,* dont un savant géomètre, d'une compétence exceptionnelle dans la théorie des Euléériennes, M. Catalan, a dit qu'il était " aussi important, au fond, que remarquable sous le rapport de l'élégance des transformations et de la variété des résultats „ ; le *Mémoire sur la théorie générale des lignes tracées sur une surface quelconque,* où Gilbert retrouve par une voie simple et nouvelle les travaux antérieurs des géomètres et où il les complète en plusieurs points importants ; enfin et surtout ses *Recherches analytiques sur la diffraction de la lumière.* Ce mémoire, qu'il écrivit à l'âge de 25 ans, eut le rare honneur de devenir immédiatement classique. Verdet le fit passer tout entier dans ses *Leçons d'Optique physique,* en faisant ressortir, mieux que le jeune auteur lui-même, la supériorité de sa méthode, au point de vue de la rigueur et de la simplicité, sur celles de ses devanciers, et ces devanciers étaient Fresnel et Cauchy! Un autre maître illustre, Lamé, signala le travail de Gilbert à l'Académie des sciences de Paris et en fit une analyse élogieuse avec sa précision accoutumée.

Les *Recherches analytiques sur la diffraction* ouvrirent à Gilbert les portes de l'Académie royale de Belgique, dont il fut nommé associé le 16 décembre 1867. Il n'y resta que six ans. Il fut amené à donner sa démission en 1873, à la suite d'un incident regrettable, — unique, croyons-nous dans les annales des

sociétés savantes, — où il défendit ses convictions chrétiennes avec une énergie qui témoignait à la fois de la franchise de son caractère et de la vivacité de sa foi (1).

Deux ans après, il fut avec le R. P. Carbonnelle, S. J.,— je ne cite que les morts,— l'un des principaux fondateurs de la *Société scientifique de Bruxelles.* Inutile de redire ici la somme de dévouement qu'il a consacrée à cette œuvre qui lui était chère entre toutes; elle s'harmonisait admirablement avec tous ses instincts de savant et de chrétien, et elle lui permit de déployer, pour ainsi dire, toutes les ressources de son intelligence. Personne plus que lui n'a enrichi de rapports, de comptes rendus, d'articles et de mémoires savants, à la fois les *Annales* et la *Revue* publiées par la Société.

Gilbert avait commencé dès 1856, dans la *Revue catholique* de Louvain, son rôle d'historien et de vulgarisateur scientifique en y publiant les biographies d'Adrianus Romanus et de Pagani et en y résumant les progrès les plus récents de l'optique, de l'astronomie et de la géographie africaine. Il y avait aussi fait l'histoire du procès de Galilée, après les premières et célèbres publications de H. de l'Épinois. Dans la *Revue des questions scientifiques* il reprend et élargit le cadre de ses études historiques et critiques. Il y fait paraître des notices du plus haut intérêt sur Chasles, Puiseux, Foucault, Sluse, etc.; il y réfute M. S. Günther à propos de la prétendue querelle du pape Zacharie avec l'évêque Vigile, et il y fait une analyse détaillée de presque tous les livres nouveaux et importants sur la physique mathématique, de 1877 à 1892. Ses appréciations sur ces ouvrages prouvent que le temps seul lui a manqué pour mettre au jour, sur plusieurs des parties de cette science immense, des ouvrages didactiques aussi remarquables que son *Cours de Mécanique analytique.*

Mais ce qu'il faut signaler surtout entre tous ces articles, ce sont ceux qu'il a écrits sur Galilée après la publication complète des pièces du procès par H. de l'Épinois, von Gebler et Berti. Ce qui distingue Gilbert de tous ceux qui ont traité la question de Galilée, c'est sa parfaite compétence au point de vue de la mécanique et de l'astronomie. Mais il joint à cela et la critique sûre et patiente d'un bollandiste, et une connaissance complète de la littérature galiléenne, depuis les œuvres du grand savant

(1) Gilbert était correspondant de la Société philomatique de Paris, depuis le 10 février 1866. Plus tard, il a été nommé correspondant de l'Académie pontificale des Nuovi Lincei. A sa mort, il était officier de l'Ordre de Léopold.

florentin jusqu'aux derniers pamphlets allemands ou français. Si l'on réunit, par ordre de date, ses publications sur Galilée, on a un volume d'une valeur inestimable, au point de vue historique et critique, et après lequel il y a bien peu à dire sur le célèbre procès. L'Eglise y est complètement vengée des accusations injustes dont elle a été si souvent l'objet à propos de Galilée.

Les *Annales de la Société scientifique de Bruxelles* contiennent aussi de nombreux témoignages de l'activité scientifique de Gilbert, mais je n'attirerai l'attention ici que sur deux groupes de ses travaux, ceux qui sont relatifs aux équations aux dérivées partielles et à la rotation des corps.

Il a écrit sur les équations aux dérivées partielles trois notes courtes, mais substantielles, où il est parvenu, d'abord à compléter et à rendre inattaquables les bases de la *Nova Methodus* de Jacobi, puis à trouver la solution singulière des équations linéaires, signalée autrefois d'une manière mystérieuse par le grand géomètre allemand.

Après avoir publié sur la rotation des corps un grand nombre de notes préliminaires, il fit paraître sur ce sujet trois mémoires dont l'ensemble constitue, avec les études sur Galilée et la théorie de la diffraction, l'œuvre capitale de Gilbert.

Le premier est une *Étude historique et critique sur le problème de la rotation d'un corps solide autour d'un point fixe* (1878), où il analyse et juge les travaux des géomètres sur cette question difficile, depuis Euler et d'Alembert jusqu'à Hermite (exclusivement), en passant par Lagrange, Poisson, Poinsot, Puiseux, Saint-Guilhem, Briot, Lamarle, Foucault, Sire, Bour, Folie, Hirn, Résal, Villarceau, Quet, Rueb, Jacobi, Somoff, Weierstrass, Richelot, Heynen, Lottner, Sylvester, Chelini, Siacci.

Cette étude, qui suppose chez son auteur des lectures immenses, n'est qu'une introduction à son *Mémoire sur l'application de la méthode de Lagrange à divers problèmes de mouvement relatif* (1882), où il reprend et traite par une voie originale les principales questions dont il avait fait l'histoire quatre ans auparavant. Gilbert avait présenté ce mémoire à l'Académie des sciences de Paris. L'impression dans le *Recueil des Mémoires des savants étrangers* en fut votée par la savante Compagnie sur les conclusions d'un rapport de M. C. Jordan dont il me sera permis de transcrire ici quelques lignes : " Le mémoire dont nous venons de présenter les résultats principaux est un travail considérable. Il se recommande d'une manière particulière par

sa clarté, par la simplicité inattendue des méthodes employées pour aborder des problèmes justement considérés comme difficiles, par le soin minutieux apporté au développement et à la discussion des solutions. La réunion de ces qualités fera lire avec intérêt la partie de ce mémoire consacrée à la théorie, si souvent traitée, du gyroscope de Foucault. Les géomètres y trouveront en outre des formules utiles et intéressantes sur les fonctions elliptiques. Toutefois la partie la plus neuve et la plus originale du mémoire nous paraît être celle qui se rapporte aux systèmes moins connus, tels que le tore-pendule et le barogyroscope, où la pesanteur intervient dans les phénomènes. Le dernier de ces appareils, dont la conception et la théorie appartiennent en entier à l'auteur, mérite assurément de devenir classique. „

Nous venons de citer le barogyroscope imaginé par Gilbert pour mettre en évidence le mouvement de rotation de la Terre, ou, si on le préfère, le mouvement relatif commun de tous les corps terrestres par rapport aux étoiles fixes. En réalité, c'est le seul instrument qui permette une expérience précise facilement réalisable dans cet ordre d'idées, comme Gilbert l'a prouvé dans sa conférence *Sur les preuves mécaniques de la rotation de la Terre*. Dans la séance mémorable de la Société scientifique où il fit cette conférence et où il exposa la théorie dn barogyroscope, il prouva historiquement que les expériences sur la déviation des corps tombant sous l'influence de la pesanteur et de la rotation de la terre n'ont abouti qu'à des résultats contradictoires. Il expliqua aussi pourquoi celles de Foucault au moyen du pendule et du gyroscope sont des expériences plutôt idéales que réalisables, parce qu'il y intervient presque toujours des forces perturbatrices qui les font échouer. Le barogyroscope est donc jusqu'à présent le seul appareil classique qui mette en évidence le mystérieux entraînement de tous les corps terrestres avec notre planète, par rapport aux étoiles fixes : il se comporte différemment selon qu'il est orienté dans le méridien ou dans la direction perpendiculaire, selon qu'il est plus ou moins près du pôle ou de l'équateur. On peut lui appliquer, *mutatis mutandis*, ce que disait Foucault du pendule : " De même qu'en pleine mer, à perte de vue du rivage, le pilote, les yeux fixés sur le compas, prend connaissance des changements de direction accidentellement imprimés au navire; de même l'habitant de la terre peut se créer, au moyen du barogyroscope, une sorte

de boussole arbitrairement orientée dans l'espace et dont le mouvement apparent lui révèle, même en l'absence du ciel, le mouvement relatif du globe qui le porte, par rapport aux étoiles fixes, le sens de sa rotation et la latitude du lieu où il se trouve „.

Les travaux de Gilbert sur la rotation des corps attirèrent vivement l'attention du monde savant. Deux années de suite, le ministre de l'Instruction publique, en France, signala spécialement son principal mémoire aux candidats pour le concours de l'agrégation. La Société scientifique fut forcée d'en publier une seconde édition. L'Académie des sciences de Paris, à laquelle Gilbert présenta, de 1877 à 1890, outre ce mémoire, un grand nombre de notes sur la mécanique analytique, le nomma son correspondant, le 8 février 1890, rare distinction à laquelle il a été donné à peu de savants de notre pays de prétendre et d'arriver !

Hélas, deux ans plus tard, à un jour près, Gilbert nous était enlevé dans la plénitude de son talent. Il venait d'être déchargé, sur sa demande, d'une partie de son laborieux enseignement, et il croyait pouvoir consacrer plus que jamais toutes les forces de son intelligence à ses chères études et à la *Société scientifique.* C'est à celle-ci que furent donnés les derniers écrits de sa plume féconde. Dans le volume de la *Revue* publié pendant le second semestre de 1891, il résuma, dans un article remarquable, les derniers progrès de la haute Optique. Au Congrès catholique de Malines, le 9 septembre 1891, il lut un rapport sommaire sur la Société scientifique, où, s'oubliant lui-même, oubliant tous ceux qui étaient encore à la peine avec lui, il laissa parler son cœur, et rendant un suprême hommage au R. P. Carbonnelle, son ami et son collaborateur dévoué, il en traça un portrait inoubliable. Enfin, en octobre 1891, à la session de la Société, tenue à Gand, il fit encore une courte communication sur la Physique mathématique, mais ce fut son dernier travail.

Telle fut la carrière de notre savant confrère et ami. Elle a été une démonstration par les faits de notre belle divise : *Nulla unquam inter fidem et rationem vera dissentio esse potest.* La foi et la raison, en effet, s'harmonisaient admirablement dans la belle intelligence dont nous venons d'esquisser rapidement l'histoire.

Pour abréger, nous avons dû taire ses études sur la géographie et les missions de l'Afrique, études qui datent de 1861, et où il a signalé, l'un des premiers, les dangers que l'islamisme et l'escla-

vage font courir à la civilisation dans cette partie du monde. Nous avons passé sous silence la part considérable qu'il a prise à la création et à l'organisation d'une des écoles d'ingénieurs de notre pays, celle de Louvain. Nous n'avons rien dit de ses pénétrantes études biographiques sur le R. P. Clerc, S. J., et sur la jeunesse d'Ampère. Enfin, nous avons laissé de côté, comme étranger à notre objet, toute sa vie intime. Mais pourquoi, après avoir tant parlé du savant, ne pas soulever un coin du voile qui couvre la vie de l'homme, en citant une fois de plus, pour terminer, la notice de M. de la Vallée-Poussin : " La foi chrétienne et la piété qu'elle inspire dominaient dans la vie de Gilbert. Elles expliquent et la parfaite intégrité de sa jeunesse, et ses vertus comme époux et comme père, et son dévouement aux œuvres de charité, et son profond attachement à l'enseignement catholique et libre. Il est mort avant le temps, pour nous qui l'aimions, plutôt que pour lui ; car il était plein d'œuvres, et l'on peut mourir quand, à l'exemple de Gilbert, on a tourné vers Dieu et sa gloire les forces et les talents qu'il nous a donnés. „

P. Mansion.

LISTE DES PUBLICATIONS

DE LOUIS-PHILIPPE GILBERT (1).

OUVRAGES PUBLIÉS A PART.

1. Cours d'analyse infinitésimale. Partie élémentaire. Paris, Gauthier-Villars. Louvain, Peeters.

Première édition, 1872, XII-472 pages in-8°; deuxième édition, 1878, IX-475 pages in-8°; troisième édition, 1887, XII-552 pages in-8°. Une quatrième édition inachevée est sous presse.

2. Cours de Mécanique analytique. Partie élémentaire. Paris, Gauthier-Villars.

Première édition, 1877, XI-385 pages in-8°; deuxième édition, 1882; troisième édition, 1891, XI-526 pages in-8°.

3. Mémoire sur l'application de la méthode de Lagrange à divers problèmes de mouvement relatif. Paris, Gauthier-Villars, 1889, 207 pp. in-8°.

Réimpression, avec quelques additions, de son mémoire, publié dans les *Annales de la Société scientifique*, 1882 et 1883. Voir n° 164.

4. L'Afrique inconnue. Récits et aventures des voyageurs modernes au Soudan oriental. Tours, A. Mame.

Nombreuses éditions. La huitième, de 1884, a 240 pages in-8°.

5. Le Cœur d'un savant. Bruxelles, Devaux et C^ie^, 1873, 63 pp. in-12.

Extrait de la *Revue catholique*, 1873, XXXV, 105-136. Voir n° 86.

(1) Nous prions les personnes qui remarqueront des erreurs ou des lacunes dans la présente liste de vouloir nous les signaler.

MÉMOIRES ET NOTES PUBLIÉS DANS DIVERS RECUEILS (1).

I. Bulletins de l'Académie royale de Belgique.

6. Note sur un opuscule peu connu de Simon Stevin. 1859_2, (2), VIII, 192-197.

7. Note sur quelques propriétés des lignes tracées sur une surface quelconque. 1860_1, (2), IX, 46-61.

8. Sur un phénomène curieux d'optique atmosphérique. 1860_2, X, 597-598.

9. Remarque sur la théorie des équations différentielles linéaires. 1861_1, (2), XI, 200-214. Rapport de M. Timmermans sur cette note. Ib., p. 176.

10. Observations sur la carte du Nil de M. Miani. 1861_2, (2), XII, 17-22.

11. Sur l'intégration des équations de la dynamique. 1864_1, (2), XVII, 617-641.

12. Rapports sur deux notes de M. Mansion. 1868_1, (2), XXV, 186-187, 619-620.

13. Sur quelques propriétés des trajectoires. 1868_1, (2), XXV, 288-294.

14. Réponse aux réclamations de M. d'Aoust concernant son mémoire sur la théorie générale des lignes tracées sur une surface quelconque. 1868_2, (2), XXVI, 480-494.

15. Rapport sur un mémoire de M. Catalan intitulé : *Sur une transformation géométrique de la surface des ondes.* 1869_1, (2), XXVII, 129-142.

16. Sur quelques propriétés des surfaces apsidales ou conjuguées. 1869_2, (2), XXVIII, 31-53. Rapport de M. Catalan. Ib., 21-24.

17. Rapport sur un mémoire de M. Neuberg : *Études sur les coordonnées tétraédriques.* 1869_2, XXVIII, 529-539.

18. Rapports sur divers mémoires de M. Saltel. 1871_2, (2), XXXII, 235-344; 1872_1, (2), XXXIII, 374; 1873_1, (2), XXXV, 12-19.

(1) Pour abréger, nous employons la notation suivante : 1878_1, (2), III, A ou B, 145-162, qui signifie : année 1878, premier semestre, deuxième série, tome III, première ou deuxième partie, pages 145 à 162.

En outre, BB = Bulletins de l'Académie royale de Belgique; C. R. = Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris.

19. Rapport sur un mémoire de M. Orloff : *Sur les équations différentielles réciproques.* 1872_1, (2), XXXIII, 105-106.

20. Sur l'emploi des imaginaires dans la recherche des différentielles d'ordre quelconque. 1872_1, (2), XXXIII, 108-113.

21. Rapport sur un mémoire de M. Folie : *Sur la densité moyenne de la Terre, d'après les observations d'Airy.* 1872_1, (2), XXXIII, 371-372.

22. Sur une objection présentée par M. Catalan. 1872_1, (2), XXXIII, 498-502.

23. Rectification au sujet de son mémoire sur l'existence de la dérivée dans les fonctions continues. 1873_1, (2), XXXV, 709-717.

Ces deux notes doivent être rapprochées du n° 31, qu'elles complètent et rectifient.

24. Rapport sur le mémoire de M. De Tilly intitulé : *Note sur la formule qui donne en série convergente la somme des logarithmes népériens des (x-1) premiers nombres entiers.* 1873_1, (2), XXXV, 5-11.

25. Observations sur deux notes de M. Genocchi relatives au développement de log Γx. 1873_2, (2), XXXVI, 541-545.

II. **Mémoires couronnés et Mémoires des savants étrangers publiés par l'Académie royale de Belgique, in-4°.**

26. Recherches sur les propriétés géométriques des mouvements plans. 1861, XXX (37 pages et 3 pl.). Rapport de M. Lamarle sur ce mémoire. BB, 1858_2 (2), IV, 82-92.

Présenté le 7 novembre 1857.

27. Recherches analytiques sur la diffraction de la lumière. 1863, XXXI (52 pages).

Présenté le 3 août 1861. Appréciation de Lamé, C.R. 1862_1, LIV, 1119-1120. Voir aussi Verdet, *Leçons d'Optique physique* (Paris, Masson, 1869), tome I, pp. 322-401.

III. **Mémoires de l'Académie royale de Belgique, in-4°.**

28. Mémoire sur la théorie générale des lignes tracées sur une surface quelconque. 1869, XXXVII (111-47 pages). Rapport de M. Catalan sur ce mémoire. BB, 1868_1, (2), XXV, 180-184.

Présenté le 4 janvier 1868.

29. Sur une propriéte des déterminants fonctionnels et son application au développement des fonctions implicites. 1870, XXXVIII (12 pages). Rapport de M. Steichen sur ce mémoire. BB, 1869_2 (2), XXVIII, 528-529.

Présenté le 9 octobre 1869.

30. Recherches sur le développement de la fonction Γ et sur certaines intégrales qui en dépendent. 1873, XLI (60 pages). Rapport de M. Catalan sur ce mémoire. BB, 1873_2, (2), XXXVI, 4-16.

Voir aussi nos 24, 25, 178.

IV. Mémoires couronnés et autres Mémoires publiés par l'Académie royale de Belgique. Collection in-8°.

31. Mémoire sur l'existence de la dérivée dans les fonctions continues. 1872, XXIII (VI-31 pages). Rapport de M. E. Catalan. BB, 1872_1, (2), XXXIII, 360-368.

Voir aussi, plus haut, les nos 22 et 23.

V. Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris.

32. Note sur la théorie des phénomènes capillaires. 1857_2, XLV, 771-772.

33. Note sur les fonctions de Sturm. 1866_1, LXII, 338-340.

34. Sur la concordance des rayons lumineux au foyer des lentilles. 1866_2, LXIII, 800-802.

35. Sur l'emploi de la diffraction pour déterminer la direction des vibrations dans la lumière polarisée. 1867_1, LXIV, 161-166.

36. Sur un théorème de M. Villarceau; remarques et conséquences. 1877_2, LXXXV, 1280-1282.

37. Sur le problème de la composition des accélérations d'ordre quelconque. 1878_1, LXXXVI, 1390-1391.

38. Sur une propriété de la fonction de Poisson et sur l'intégration des équations aux dérivées partielles du premier ordre. 1880_2, XCI, 541-544, 613-616.

39. Sur divers problèmes de mouvement relatif. 1882_1, XCIV, 137-200. (Extrait du mémoire renseigné plus haut sous le n° 3. Rapport de M. C. Jordan sur ce mémoire. 1882_2, XCV, 111-116.)

40. Sur quelques formules de la théorie des courbes gauches. 1885_2, CI, 52.

41. Sur la théorie de M. Helmholtz relative à la conservation de la chaleur solaire. 1885_2, CI, 872-874.

42. Sur le théorème de Kœnig relatif à la force vive d'un système. 1885_2, CI, 1054-1055. Remarque relative à cette communication, 1140.

43. Sur l'accélération angulaire. 1886_2, CIII, 1248-1250.

44. Sur les accélérations des points d'un système invariable en mouvement. 1887_1, CIV, 162-165.

45. Groupement et construction géométrique des accélérations dans un solide tournant autour d'un point fixe. 1882_2, CVII, 726-729.

46. Sur les accélérations des points d'un solide tournant autour d'un point fixe et sur les centres de courbure de leurs trajectoires. 1888_2, CVII, 830-831.

47. Sur les accélérations d'ordre quelconque des points d'un corps solide, dont un point est fixe. 1889_1, CVIII, 92-94.

VI. **Bulletin de la Société philomatique de Paris.**

48. Sur les équations fondamentales de la théorie analytique de la chaleur. 1866, 19-22.

Aussi dans le Journal l'*Institut* (1re section), XXXIV, n° 1678, 28 février 1866, 69-70.

49. Sur quelques propriétés relatives à la théorie des surfaces. 1867, 226-233.

Aussi dans l'*Institut*, XXXV, n° 1771, 11 décembre 1877, 398-400, et partiellement dans les *Nouvelles Annales de mathématiques*, 1868, (2), VII, 238-239.

50. Sur la courbure des surfaces. 1868, 3-8.

Aussi dans l'*Institut*, XXXVI, n° 1777, 22 janvier 1868, 28-29.

VII. **L'Institut.**

Voir ci-dessus nos 48, 49, 50. En outre:

51. Sur la théorie générale des lignes tracées sur une surface quelconque. Lettre de M. Gilbert au secrétaire de l'Académie de Marseille. XXXVII, n° 1849, 9 juin 1862, 183-184.

VIII. **Nouvelles Annales de mathématiques.**

52. Seconde solution de la question 273. 1854, (1), XIII, 33-35. Solution de la question 282. Ib. 317.

53. Note sur les fonctions de Sturm, 1866, (2), V, 263-266.

Reproduction du n° 33.

54. Sur une propriété des surfaces homofocales du second ordre et sur quelques conséquences qui en découlent. 1867, (2), VI, 529-541.

55. Sur la somme des puissances semblables des termes d'une progression arithmétique. 1869, (2), VIII, 434-437.

56. Sur les courbes planes à équations trinômes. 1870, (2), IX, 370-371.

57. Correspondance. 1872, (2), XI, 217-227; 1873, (2), XII, 131-133; 1884, (3), III, 153-155, 475-482.

1. Sur l'inversion des dérivations. 2. Sur la distance d'un point d'une courbe à sa sphère osculatrice. 3. Sur le rayon de courbure en un point de rebroussement d'une courbe plane. 4. Sur le premier principe de la moyenne.

58. Sur un problème de Mécanique rationnelle. 1877, (2), XVI, 152-155.

59. Sur l'intégration par parties. 1888, (3), VII, 365-368.

IX. **Journal de mathématiques pures et appliquées.**

60. Sur les fonctions de Sturm. 1867, (2), XII, 87-97.

61. Sur quelques conséquences des formules de Green et sur la théorie du potentiel. 1874, (3), X, 429-442.

62. Sur les composantes des accélérations d'ordre quelconque suivant trois directions rectangulaires. 1888, (4), IV, 465-473.

X. **Bulletin des sciences mathématiques et astronomiques.**

63. Extrait d'une lettre à M. Darboux. 1880, (2), IV, A, 317-318.

64. Les preuves mécaniques de la rotation de la Terre. 1882, (2), VI, A, 189-223.

Extrait de la *Revue des questions scientifiques*, 1883, XI, 353-393. Voir n° 115.

65. Sur la convergence des intégrales définies à limites infinies. 1888, (2), XII, A, 66-76.

XI. **Comptes rendus des Congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences.**

66. Sur la réduction des forces centrifuges composées dans le mouvement relatif d'un corps solide. *Congrès de Paris,* 1878, 88-92.

67. Sur l'application des équations de Lagrange aux mouvements relatifs. *Congrès de Paris,* 1878, 147-152.

68. Sur une propriété de la fonction de Poisson et sur l'intégration des équations aux dérivées partielles. *Congrès de Reims,* 1880, 61-65.

69. Mouvement d'un point pesant sur un cercle tournant autour d'un axe vertical. *Congrès de Reims,* 1880, 98-104.

XII. **Mathesis.**

70. Exercice de calcul infinitésimal. 1882, II, 17-19.

71. Problème de maximum. 1883, III, 200-201.

72. Sur une propriété de l'ellipsoïde. 1883, III, 238-240.

73. Solution de la question 363. 1885, V, 212-214.

74. Sur quelques théorèmes de Sluse. 1886, VI, 241-244.

75. Cours de mécanique par M. Despeyroux, avec des Notes par M. G. Darboux. *Compte rendu.* 1887, VII, 156-160.

76. Détermination, en grandeur et en direction, des axes d'une section diamétrale de l'ellipsoïde. 1884, VIII, 247-249.

XIII. **Revue catholique de Louvain.**

77. Pagani, sa vie et ses travaux. 1856, XIV ou (5) II, 420-430, 460-468, 585-593.

Reproduit dans les *Annales des Universités de Belgique* (Bruxelles, Th. Lesigne, 1889, gr. in 8°), 15e-16e année, 1856-1857, troisième partie, pp. 5-31.

78. Notice sur Adrianus Romanus, professeur de mathématiques à l'ancienne Université de Louvain. 1859, XVII ou (6) II, 277-286, 394-409, 522-527.

Voir aussi le n° 63, relatif aussi à Adrianus Romanus.

79. L'observatoire de Rome et ses travaux. 1860, XVIII ou (6) III, 486-494, 594-607.

80. Les négriers et les missions catholiques dans l'Afrique orientale. 1862, XX ou (7) II, 317-329.

81. De l'état de l'Abyssinie au point de vue religieux. 1863, XXI ou (8) I, 86-96, 223-232, 638-647.

82. Le procès de Galilée d'après les documents contemporains. 1869_1, XXVII ou Nouvelle Série, I, 84-101, 121-151, 538-565 ; 1869_2, XXVIII ou N. S., II, 361-384, 534-558. Encore le procès de Galilée. 1872_2, XXXIV, ou N. S., VIII, 609-626.

83. Éléments de Géométrie, par Th. Lambert. *Compte rendu.* 1871_1, XXXI ou N. S., V 605-607

84. Chronique scientifique (Les œuvres de Fresnel). 1871_2, XXXII ou N. S., VI, 31-32.

85. L'aéronautique et le siège de Paris. 1871_2, XXXII ou N. S., VI, 650-660; 1872_1, XXXIII ou N. S., VII, 113-128.

86. Le cœur d'un savant (Ampère). 1873_1, XXXV ou N. S., IX, 105-136.

87. Les observatoires sous le ciel austral. 1873_2, XXXVI, ou N. S., X, 54-70.

88. La constitution physique du Soleil. 1874_1, XXXVII, ou N. S., XI, 43-68, 405-427, 625-641,; 1874_2, XXXVIII ou N. S., XII, 340-370.

89. V. Diorio. Intorno alla vita ed ai lavori di Monsignore D. Barnaba Tortolini. *Compte rendu.* 1875_1, XXXIX ou N. S., XIII, 226-229.

90. Le Père Clerc. 1876_1, XLI ou N. S., XV, 72-89, 113-127.

91. Bullettino di Bibliografia e di Storia delle Scienze matematiche e fisiche pubblicato da B. Boncompagni, t. I-VII. *Compte rendu,* 1876_1, XLI ou N. S., XV, 321-330; 1876_2, XLII ou N. S., XVI, 97-107.

92. La Société scientifique de Bruxelles. 1876_2, XLII ou N. S., XVI, 494-506.

Le nom de l'auteur ne se trouve pas à la fin de l'article, mais il est indiqué à la table des matières.

93. Gelin. Traité d'arithmétique. 1881. *Compte rendu.* 1881_2, LII ou N. S., XXVI, 308-310.

XIV. **La Controverse, Revue des Objections et des Réponses en matière de Religion.**

94. Les véritables causes du procès de Galilée. 1881, II, 705-716; 1882, III, 35-49.

XV. **Revue générale** et **Revue bibliographique**.

95. Causerie scientifique. La région des Causses. 1890_1, LI, 716-724.

96. La délivrance d'Emin-Pacha. 1890_2, LII, 162-194, 322-340.

97. Causerie scientifique (Analyse spectrale sur le Mont-Blanc. Applications récentes de la loi de Doppler-Fizeau. Les expériences de Wiener. La photographie des couleurs. Sophie Kowalevski). 1891_1, LIII, 702-712.

98. Causerie scientifique (La lumière sans chaleur sensible des insectes phosphorescents. Reproduction artificielle du rubis et du corindon. L'impression photographique à distance). 1891_2, LIV, 291-299.

99. Comptes rendus sommaires d'un grand nombre d'ouvrages belges et étrangers relatifs aux sciences physiques et mathématiques, dans la *Revue bibliographique*, supplément de la *Revue générale* (1889, 1890, 1891).

XVI. **Revue des questions scientifiques**.

100. Géodésie d'Éthiopie, par A. D'ABBADIE. *Compte rendu.* 1877_1, I, 319 334.

101. La condamnation de Galilée et les publications récentes. 1877_1, I, 353-398 ; 1877_2, II, 129-194.

102. Le Soleil, par le P. A. SECCHI, S. J. *Compte rendu.* 1877_1, I, 642-652.

103. Bullettino di Bibliografia e di storia delle scienze matematiche e fisiche pubblicato da B. BONCOMPAGNI, t. IX. *Compte rendu.* 1877_2, II, 304-311.

104. Les éloges historiques de M. Dumas. 1877_2, II, 576-611 ; 1878_1, III, 44-66.

105. H. DE L'ÉPINOIS, Les pièces du procès de Galilée. K. VON GEBLER, Die Acten des Galilei'schen Processes nach der Vaticanischen Handschrift. P. E. DUJARDIN, S. J., Encore Galilée ! E. WOHLWILL, Ist Galilei gefoltert worden ? J. BERTRAND : article du Journal des Savants. L. COMBES, Galilée et l'Inquisition romaine. H. DE L'ÉPINOIS, La question de Galilée, les faits et leurs conséquences. Dr FUCHS, Ueber das Leben und die Werke Galilei's. L. TERRIER, Galilei. L. COMBES, Galilée et l'Inquisition romaine. *Compte rendu.* 1878_1, III, 274-285, 589-612.

106. Observatoires d'Italie, par P. Rayet. *Compte rendu.* 1878_2, IV, 294-299.

107. Léon Foucault, sa vie et son œuvre scientifique. 1879_1, V, 108-154, 516-563.

108. La spectroscopie, par A. Cazin. *Compte rendu.* 1879_1, V, 292-295.

109. Le R. P. Secchi, par l'abbé Moigno. *Compte rendu.* 1879_1, V, 637-638.

110. A. Wolynski, Nuovi documenti inediti del Processo di Galileo Galilei. H. Grisar, S. J., Die römischen Congregationsdecrete in der Angelegenheit des Copernicanischen Systems historisch und theologisch erörtert. R. Wolf, Geschichte der Astronomie, Galileo Galilei. E. Wohlwill, Der original Wortlant des päpstlichen Urtheils gegen Galilei. *Compte rendu.* 1880_1, VII, 255-276.

111. Cours de Géométrie descriptive de l'École Polytechnique, par A. Mannheim. *Compte rendu.* 1880_2, VIII, 222-229.

112. Cours d'astronomie nautique,par H. Faye. *Compte rendu.* 1880_2, VIII, 229-234.

113. M. Wohlwill et le " rigoureux examen „ article de la Zeitschrift für Mathematik und Physik. *Compte rendu.* 1881_1, IX, 220-225.

114. Michel Chasles. 1881_1, IX, 517-590.

115. Les preuves mécaniques de la rotation de la terre. 1882_1, XI, 353-393.

116. Œuvres complètes d'Augustin Cauchy. Première série, t. I. *Compte rendu.* 1882_2, XII, 239-243. T. IV. *Compte rendu.* 1885_1, XVII, 196-202. T. V. *Compte rendu.* 1886_1, XIX, 262-265. Seconde série, t. VI. *Compte rendu.* 1889_1, XXV, 589-594. T. VII, VIII et IX. *Compte rendu.* 1891_2, XXX, 275-279.

117. Le pape Zacharie et les Antipodes. 1882_2, XII, 478-503.

118. Galileistudien. Historisch-theologische Untersuchungen über die Urtheile der Römischen Congregationen in Galileiprocess, par H. Grisar, S. J. *Compte rendu.* 1883_2, XIV, 265-276.

119. Introduction à la théorie de l'énergie, par E. Jouffret. *Compte rendu.* 1883_2, XIV, 577-586.

120. Victor Puiseux. 1884_1, XV, 5-37.

121. Physique mathématique. Électrodynamique, Capillarité, Chaleur, Électricité, Magnétisme, Élasticité, par M. H. Résal. *Compte rendu.* 1884_2, XVI, 219-230.

122. Les sciences exactes dans l'ancienne Université de Louvain. 1884_2, XVI, 438-453.

123. Traité élémentaire de mécanique céleste, par M. H. Résal. *Compte rendu.* 1885_1, XVII, 202-206.

124. Les lois de la matière, par M. J. A. de Commines de Marsilly. *Compte rendu.* 1885_1, XVII, 206-209.

125. La conservation de l'énergie solaire. 1885_1, XVII, 506-545.

126. René de Sluse. 1886_1, XIX, 141-167.

127. La Thermodynamique et ses principales applications, par J. Moutier. Technische Thermodynamik, par le Dr G. Zeuner. Théorie mécanique de la chaleur, par R. Clausius (3e édition, traduite par F. Folie et E. Ronkar). Thermodynamique, par J. Bertrand. *Compte rendu.* 1888_1, XXIII, 225-246.

128. Œuvres de Fourier. Tome premier, Théorie analytique de la chaleur, publié par M. G. Darboux. *Compte rendu.* 1888_2, XXIV, 245-254. Tome second. *Compte rendu.* 1890_2, XXVIII, 249-253.

129. Les manuscrits de Galilée et leur histoire. 1888_2, XXIV, 353-378.

130. Haton de la Goupillière. Cours de machines. Tome premier. Thermodynamique. *Compte rendu.* 1889_1, XXV, 559-566.

131. Traité d'électricité et de magnétisme, par J. Clerck Maxwell, traduit par G. Seligmann-Lui, avec notes et éclaircissements, par M.M. Cornu, Potier et Sarrau. *Compte rendu.* 1889_2, XXVI, 569-579.

132. Leçons synthétiques de mécanique générale, par M. J. Boussinesq, publiées par MM. Legay et Vigneron. *Compte rendu.* 1890_1, XXVII, 257-264.

133. Leçons sur la théorie mathématique de l'électricité, par J. Bertrand. *Compte rendu.* 1890_1, XXVII, 588-595.

134. Géographie de l'Éthiopie : " Ce que j'ai entendu „ faisant suite à " Ce que j'ai vu „, par A. d'Abbadie. *Compte rendu.* 1890_2, XXVIII, 623-627.

135. Curso de Analyse infinitesimal, por F. Gomes Teixeira. Calculo differencial. *Compte rendu.* 1891_1, XXIX, 253-257.

136. La dernière lutte à Rome autour du système de Copernic. 1891_1, XXIX, 589-594.

137. Études récentes sur la lumière et ses applications. 1891_2, XXX, 225-247, 558-581.

138. La Société scientifique de Bruxelles. 1892_1, XXXI, 5-13.

XVII. **Annales de la Société scientifique de Bruxelles.**

139. Sur la démonstration du second principe de la thermodynamique, donnée par M. Sarrau. 1877, I, A, 75.

140. Sur l'enseignement des mathématiques dans les collèges. 1877, I, A, 150-153.

141. Sur les travaux de M. A. d'Abbadie en Éthiopie. 1877, I, A, 170-171.

142. Allocution à la Société scientifique. 1877, I, A, 211-214.

143. Sur certaines conséquences de la formule électro-dynamique d'Ampère. 1877, I, B, 17-42. Rapports de M. De Tilly et du R. P. Delsaulx sur ce mémoire. Ib., A, 76-84.

144. Deux allocutions à la Société scientifique. 1878, II, A, 158-160, 167.

145. Sur un théorème de mécanique générale et sur quelques conséquences qui en découlent. 1878, II, B, 41-49. Rapport de M. C. Le Paige sur cette note. Ib., A, p. 61-62.

146. Sur l'interprétation géométrique du mouvement apparent d'un point pesant à la surface de la terre. 1878, II, B, 49-56. Rapport de M. C. Le Paige sur cette note. A, 62-64.

147. Sur quelques propriétés relatives aux mouvements plans. 1878, II, B, 81-88. Rapport sur cette note, par M. Ghysens. Ib., A, 65-66.

148. Étude historique et critique sur le problème de la rotation d'un corps solide autour d'un point fixe. 1878, II, B, 255-350.

149. Notes sur les mouvements relatifs. 1879, III, A, 58-65, 70-77, 81-90, 1880, IV, A, 53-55.

150. Rapport sur le Mémoire du R. P. Delsaulx, intitulé : *Sur une propriété des surfaces du second degré dans la théorie de l'électricité statique.* 1879, III, A, 80-81.

151. Les instruments arithmétiques à l'Exposition universelle de 1878. 1879, III, A, 122-124.

152. Sur l'extension aux mouvements plans relatifs de la méthode des normales et des centres de courbure. 1879, III, B, 81-92. Rapport de M. Ghysens sur cette note. Ib., A, 55-57.

153. Sur la réduction des forces centrifuges composées dans le mouvement relatif d'un corps solide. 1879, III, B, 141-156.

154. Sur la variation de la verticale. 1880, IV, 64-65.

155. Note sur la formule d'addition dans les fonctions elliptiques. 1880, IV, B, 87-90. Rapport de M. Mansion sur cette note, Ib., A, 55.

156. Note sur quelques intégrales définies. 1880, IV, B, 141-158. Rapport du R. P. Thirion sur cette note. Ib., A, 75.

157. Sur l'enveloppe de la droite qui joint les extrémités des aiguilles d'une montre. 1880, IV, B, 159-162.

158. Sur les intégrales des équations linéaires aux dérivées partielles du premier ordre. 1880, IV, B, 273-276. Rapport de M. Mansion sur cette note. Ib., A, 58-59.

159. Rapports sur deux notes de M. Mansion, intitulées : 1° *Note sur l'intégration des équations linéaires aux dérivées partielles;* 2° *Note sur l'intégration de l'équation aux dérivées partielles des surfaces réglées.* 1881, V, A, 58-61.

160. Rapport sur un mémoire du R. P. Delsaulx, intitulé : *Sur quelques propriétés des solénoïdes soumis à l'action d'un courant angulaire.* 1881, V, A, 71-73.

161. Sur une propriété de la fonction de Poisson, et sur la méthode de Jacobi pour l'intégration des équations aux dérivées partielles du premier ordre. 1881, V, B, 1-16. Rapport de M. Mansion sur cette note. Ib., A, 52-57.

162. Expériences faites au moyen du barogyroscope, le 19 avril 1882. 1882, VI, A, 58.

163. Sur les preuves expérimentales de la rotation de la terre. 1882, VI, A, 102-103.

164. Mémoire sur l'application de la méthode de Lagrange à divers problèmes de mouvement relatif. 1882, VI, B, 270-373; 1883, VII, B, 11-110.

165. Rapport sur un mémoire de M. Sparre, intitulé : *Sur le pendule de Foucault.* 1883, VII, A, 51-52.

166. Rapport sur un mémoire de M. Teixeira, intitulé : *Sur la théorie des imaginaires.* 1883, VII, A, 62-63.

167. Rapport sur une note du R. P. Delsaulx, intitulée : *Sur la diffraction des ondes planes par une ouverture circulaire.* 1883, VII, A, 63-64.

168. Note sur la théorie des accélérations. 1883, VII, A, 66-67; 1887, VIII, A, 53-56; 1886, X, A, 46; 1887, XI, A, 62.

169. Note sur la théorie du potentiel. 1883, VII, A, 67-68.

170. Sur une transformation des équations de l'hydrodynamique. 1883, VII, B, 1-10. Rapport de M. De Tilly. Ib., A, 49.

171. Rapport sur un Mémoire du R. P. Delsaulx, intitulé : *Sur la théorie des sons résultants.* 1884, VIII, A, 52-53.

172. Rapport sur une note de M. de Sparre : *Sur la réduction aux fonctions elliptiques de l'intégrale de* (dx : Y), Y *étant la racine carrée d'un polynome entier du* 3e *ou du* 4e *degré en* x. 1884, VIII, A, 63-65.

173. Démonstration simplifiée des formules de Fourier. 1884, VIII, B, 1-10. Rapport de M. Mansion sur cette note. Ib., A, 49-51.

174. Rapport sur le mémoire de M. Mansion, intitulé: *Principes d'une théorie nouvelle des fonctions élémentaires d'une variable imaginaire.* 1885, IX, A, 48-53.

175. Sur l'intégration des équations linéaires aux dérivées partielles du premier ordre. 1885, IX, B, 41-48.

176. Sur la définition d'une fonction infinie. 1886, X, A. 46.

177. Sur un cône à base circulaire. 1886, X, A. 47.

178. Sur les produits composés d'un grand nombre de facteurs et sur le reste de la série de Binet. 1886, X, B, 191-200. Rapport de M. De Tilly sur cette note. Id., A, 55-57.

179. Communications diverses. 1887, XI, A, 63, 64; 1888, XII, A, 46-47, 49; 1889, XIII, 45-46; 1890, XIV, A, 42-43, 46.

180. Rapport sur la note du R. P. Delsaulx intitulée : *Sur la tension électrique.* 1888, XII, A, 60-63.

181. Sur les différentes manières de traiter un problème de mécanique. 1888, XII, A, 65-71.

182. Sur les relations entre les coefficients calorimétriques d'un corps. 1888, XII, B, 91-96.

183. Rapport sur la théorie du gyroscope collimateur de M. Baule. 1889, XIII, A, 45.

184. Sur l'emploi dans la théorie de la courbure des surfaces, des cosinus directeurs de la normale. 1889, XIII, A, 48.

185. Recherche sur les accélérations en général. 1889, XIII, B, 261-315.

186. Sur quelques formules générales dans la physique mathématique. 1890, XIV, B, 1-18.

187. Sur l'herpolhodie de Poinsot et sur un appareil de MM. Darboux et Kœnigs. 1890, XIV, B, 25-34.

188. Rapport sur le mémoire de M. de Sparre intitulé : *Sur le pendule de Foucault.* 1891, XV, A, 1-3.

189. Sur une difficulté de la théorie du potentiel des couches superficielles sans épaisseur. 1891, XV, A, 11-12.

190. Sur un cas singulier du problème des courbes enveloppes. 1891, XV, A, 37-39.

191. Sur une règle de convergence des séries à termes positifs. 1891, XV, A, 69-71.

192. Rapport sur un mémoire de M. de Sparre intitulé : *Sur le développement en série des formules du mouvement du pendule et sur quelques propriétés de ce mouvement.* 1892, XVI, A, 1-2.

193. Sur la formule de Stokes généralisée. 1892, XVI, A, 2-4.

P. Mansion.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES

GÉOLOGIE.

Les époques glaciaires dans les Alpes. — On sait avec quel soin M. Penck explore, au point de vue des phénomènes glaciaires, le massif des Alpes orientales. Depuis quelque temps il s'est associé pour cette tâche MM. Brückner et Böhm, et de leur collaboration vient de sortir un travail d'ensemble, dont M. Penck a récemment fait connaître les importantes conclusions (1).

Au début de ses études, M. Penck admettait que les deux dernières grandes extensions glaciaires avaient été séparées par une phase d'érosion fluviale, pendant laquelle les Alpes avaient été en quelque sorte noyées sous une nappe de cailloutis d'alluvion. En sorte que c'est dans ces alluvions à peu près aplanies que les derniers glaciers avaient dû creuser leurs lits.

Aujourd'hui les trois observateurs sont d'accord pour reconnaître que les cailloutis n'ont ni la généralité ni la signification primitivement admises. On ne les rencontre jamais qu'*au confluent de deux vallées, et seulement dans une seule des deux.* Le mécanisme de leur formation est le suivant : Deux glaciers destinés à se rejoindre ne peuvent que rarement cheminer aussi

(1) *Die Glacialschotter in den Ostalpen.* Wien, 1890.

vite l'un que l'autre. L'un des deux atteint le premier le confluent. Alors il barre la vallée que le second est en train d'envahir, et la transforme en un lac, où les torrents viennent jeter leur charge de cailloux. Ainsi se construit un cailloutis glaciaire *(glacialschotter)*. Mais bientôt le progrès du second glacier l'amène à remplir le lac, et sa moraine profonde rabote et ravine la surface du cailloutis formé, lequel d'ailleurs a pour support la moraine du glacier qui a marché le plus vite; de là les apparences qui avaient trompé M. Penck.

Ce savant n'en est pas moins d'accord avec ses collaborateurs pour reconnaître trois phases d'avancement des glaciers, et c'est aussi le résultat auquel vient d'arriver M. Dupasquier, en Suisse (1).

M. Dupasquier reconnaît que la dernière extension glaciaire a laissé, dans les vallées, de grandes moraines frontales, invariablement précédées par une *dépression centrale,* résultat de l'affouillement exercé, en arrière de la moraine, par l'extrémité du glacier. Aujourd'hui cette dépression est, la plupart du temps, occupée par un lac.

En avant de la moraine, et intimement soudées avec elle, sont les *basses terrasses* de cailloutis, engendrées par les torrents issus de l'ancien glacier, par remaniement de la moraine.

A l'extérieur de ces lignes morainiques, et à une soixantaine de mètres plus haut, apparaissent les cailloutis des *hautes terrasses,* produits de l'avant-dernière extension glaciaire, la plus considérable de toutes.

Enfin, dans quelques parties de la Suisse, à 150 ou 160 mètres au-dessus des vallées actuelles, on observe des nappes de cailloux, déjà agglomérés en *nagelfluh,* et où manquent certaines roches alpines, que l'érosion n'avait pas encore atteintes à cette époque. Ces derniers cailloutis correspondraient à la première époque glaciaire, survenue à la fin du pliocène, en même temps que l'extension des glaciers d'Auvergne.

La seconde époque glaciaire correspondrait à l'*Elephas antiquus,* et la troisième à l'*Elephas primigenius.* Le *loess* aurait séparé ces deux dernières extensions. On se rappelle du reste que M. Brückner a signalé, dans les Alpes orientales, un point où l'on voit nettement, sur six kilomètres carrés, la superposition au loess des moraines de la troisième période.

Il est inutile d'insister sur l'importance de ces résultats, qui

(1) Bibl. univ. de Genève, Archives des Sciences, 1891.

tranchent définitivement la question de l'âge *interglaciaire* du loess. En même temps, le travail d'érosion réellement effectué par les derniers glaciers se trouve sensiblement réduit, puisqu'ils se sont bornés à réoccuper les anciennes gorges, sans y affouiller sensiblement plus que la dépression centrale, créée par le stationnement prolongé de leur extrémité libre contre sa moraine frontale.

Les époques glaciaires en Amérique. — Il convient de signaler une importante publication de M. Frederick Wright sur les phénomènes glaciaires aux États-Unis (1). L'auteur y décrit avec de grands détails les circonstances du merveilleux glacier de Muir, dans l'Alaska, à l'exploration duquel il a consacré un mois entier. Une particularité très curieuse est celle de forêts de cèdres enfouies, sans que la verticalité des troncs ait été dérangée, sous des accumulations de graviers glaciaires ou plutôt sous-glaciaires. La glace a passé autrefois par-dessus ces graviers, sans les écraser en raison de circonstances particulières qui dirigeaient son mouvement, et sa retraite a dégagé des monticules, au flanc desquels apparaissent les troncs verticaux.

M. Wright donne une excellente description des *drumlins,* ces collines lenticulaires, qui font saillie au milieu du terrain erratique de Boston, et se distinguent par une plus grande compacité du cailloutis glaciaire qui les constitue. Selon lui, ce sont des parties de la moraine profonde que le poids de la glace a agglomérées, et qui représentent, au milieu de la formation erratique, l'équivalent des bancs de sables souvent accumulés au milieu des rivières.

La question des découvertes de silex paléolithiques dans le drift américain est traitée à fond dans cet ouvrage. Mais nous appellerons surtout l'attention sur le chapitre relatif aux érosions post-glaciaires. L'auteur, résumant les travaux de MM. Winchell, Gilbert, Andrews, Upham, fait ressortir avec une grande force les raisons qui portent à limiter à quelques milliers d'années (sept ou huit tout au plus) le temps qui a été nécessaire pour creuser les gorges post-glaciaires, comme celle du Niagara et celle de Saint-Anthony, près de Minneapolis.

L'ouvrage de M. Wright est accompagné de nombreuses et excellentes photographies, qui font bien ressortir les principaux traits du glaciaire américain. Nous citerons, comme particulièrement saisissantes, des vues des roches cannelées et striées sur les îles du lac Erié.

(1) *The Ice Age in North-America,* New-York, 1890.

L'extinction du mammouth en Sibérie. — L'une des questions les plus intéressantes de l'histoire des temps glaciaires est celle de l'extinction du mammouth en Sibérie. On sait que les molaires et les défenses de cet animal se rencontrent en quantités considérables sur les côtes septentrionales de la contrée; on sait de plus qu'à diverses reprises, des mammouths ou des rhinocéros, conservés avec leur chair, ont été exhumés du sol gelé à l'embouchure de la Léna. On en a conclu que la disparition de ces grands mammifères avait dû être le résultat d'une catastrophe subite, précédant l'établissement du froid sec à la faveur duquel ils ont pu se conserver indéfiniment. M. Howorth, en Angleterre, s'est fait le principal avocat de cette idée. A côté des inondations subites qu'il faisait intervenir, d'autres, notamment M. Nehring, ont admis des tourbillons de neige, venant fondre sur les troupeaux d'herbivores et les enveloppant dans une masse bientôt transformée en glace.

L'expédition russe dirigée par M. Bunge, en 1885 et 1886, dans le groupe des îles de la Nouvelle-Sibérie, a enfin éclairci cette question, comme cela résulte d'un rapport succinct présenté par M. le baron von Toll au *Neuvième Congrès des géographes allemands.*

Le rivage des îles Liakhoff montre, sur cinquante kilomètres d'étendue, une falaise de glace, d'une vingtaine de mètres de hauteur, couronnée par quelques pieds de limons et de sables avec ossements de mammouth. Ces limons et ces sables renferment des couches tourbeuses avec feuilles de bouleau-nain, et on y trouve des coquilles d'eau douce, des genres *Pisidium* et *Valvata*. M. von Toll établit, par des coupes précises, que ce sont des dépôts lacustres, formés dans un lac glaciaire, alors que la vallée d'amont était barrée par une masse de glace, dont la falaise actuelle est le *reste fossile*. Les animaux qui fréquentaient les bords de ce lac s'aventuraient parfois sur la partie des alluvions qui débordait par-dessus la glace, et il arrivait à quelques-uns de tomber dans les crevasses que dissimulait cette couverture. C'est en effet dans une crevasse de ce genre, large de 3 mètres et remplie de limons gelés, qu'a été trouvé, il y a quelques années, un cadavre entier de mammouth. M. von Toll a visité la place en compagnie de l'auteur de la trouvaille, et s'est assuré que cela correspondait pleinement à la description, faite par Adams, du mammouth découvert " dans les glaces " en 1779.

Ainsi l'extinction du mammouth ne résulte pas d'un cata-

clysme. Cet animal vivait par grands troupeaux en Sibérie, à l'époque glaciaire, alors qu'un grand golfe marin occupait tout le cours inférieur de l'Iéniséi. Les lacs de la dépression aralo-caspienne étaient plus étendus qu'aujourd'hui, et le climat de la contrée, plus humide et moins sévère, permettait le développement d'une végétation abondante, semblable à celle de la Sibérie moyenne. Le morcellement de la côte en un archipel (celui de la Nouvelle-Sibérie), la disparition du golfe marin, l'établissement du froid sec, ont déterminé l'extinction naturelle des grands animaux, et ceux-là seuls ont été conservés avec leur chair qui étaient tombés vivants entre deux parois de glace, entraînant avec eux des limons et des sables lacustres.

L'émersion du golfe de Bothnie. — La question du changement des lignes de rivage dans la Baltique vient de faire un pas qu'on peut considérer comme décisif.

M. Suess, dans la seconde partie de son mémorable ouvrage, *Antlitz der Erde,* avait essayé d'établir que toutes les oscillations du niveau de la mer, dans la Baltique, pouvaient être mises sur le compte des influences météorologiques, cette mer, relativement fermée, éprouvant de sensibles variations de volume, suivant que la pluie est plus ou moins abondante sur son bassin. Quant à l'émersion du golfe de Bothnie, comme elle se produisait d'une façon continue, M. Suess en concluait que la Baltique *se vidait* peu à peu. " *Es ist Entleerung* „, disait-il.

M. Brückner, de Berne, le même qui a si péremptoirement démontré que la quantité de pluie influe beaucoup, selon les saisons et même les périodes d'années, sur le niveau des mers fermées, a repris récemment la question (1). Il a d'abord fait remarquer que, si la Baltique se vidait, on ne manquerait pas de s'en apercevoir sur les côtes de la Poméranie. Or, la stabilité du niveau moyen y est absolue, ce qui exclut complètement l'hypothèse proposée.

De plus, si l'on dresse simultanément la courbe des quantités de pluie tombée, et celles des petites oscillations du niveau marin, on trouve qu'elles sont absolument concordantes sur le littoral poméranien. En ce point donc, la Baltique n'éprouve de changements que dans son volume, par le fait de l'inégalité des précipitations atmosphériques.

(1) Compte rendu du *Neuvième Congrès des géographes allemands* à Vienne en 1891.

Au contraire, les courbes sont discordantes à partir de la Finlande, quand on remonte vers le nord, et plusieurs *maxima* du pluviomètre se trouvent correspondre à un abaissement continu du niveau marin.

Aussi M. Brückner en conclut-il que, dans le golfe de Bothnie, un mouvement propre du sol interfère avec les variations causées par les influences météorologiques. Peut-être ce mouvement d'émersion doit-il être considéré comme la suite de la dilatation éprouvée par le sol scandinave depuis le départ des glaces, selon la très ingénieuse hypothèse proposée par M. de Drygalski.

Les volcans de l'Afrique équatoriale. — Nos connaissances sur la géologie de l'Afrique équatoriale viennent de s'enrichir d'un important travail, dû à la collaboration de MM. Suess, Toula, von Höhnel et Rosiwal (1). Ce travail fait connaître les principaux résultats de l'expédition dirigée, entre l'équateur et le Zambèse, par le comte Teleki.

Les explorateurs ont constaté qu'en prolongement de la grande fracture, qui limite à l'est le plateau abyssinien, on pouvait suivre une ligne continue de dépression, un véritable fossé d'effondrement *(Graben),* qui comprend le lac Rodolphe et passe au pied des grands volcans du Kenia et du Kilima Ndjaro. Ces volcans sont éteints; mais dans leur voisinage existent des cratères actifs, comme le Doenje Ngaï, et, à l'extrémité du lac Rodolphe, les cratères des îles Höhnel ont une fraîcheur de formes qui doit les faire considérer comme très récents. Dans le lac débouche un autre fossé, suivi par la rivière Treguell, et sur le bord duquel s'élève l'Elgon, ancien volcan de plus de 4000 mètres.

Ainsi la série de fractures qui commence au nord de la Palestine et comprend la mer Rouge se prolonge d'une façon continue presque jusqu'à l'embouchure du Zambèse. M. Suess persiste à la considérer comme le résultat d'un effondrement pur et simple; mais le fait qu'elle jalonne précisément la ligne de partage entre les eaux de l'Océan Indien et celles de l'Atlantique rend bien vraisemblable, en ce point comme au Jourdain, l'existence d'un anticlinal rompu. En tout cas, il est remarquable de voir cette fracture se signaler, dans toute sa longueur, par des bouches éruptives, dont deux, le Kenia et le Kilima Ndjaro, sont les véritables géants de la famille volcanique.

(1) *Beitræge zur Geologie des östlichen Afrika,* Wien, 1891.

Le noyau de ces géants est constitué par des trachytes et des andésites. Les roches basaltiques n'apparaissent que dans les coulées récentes.

A. DE LAPPARENT.

SCIENCES INDUSTRIELLES.

L'industrie des beurres artificiels. — D'intéressants renseignements au sujet des beurres artificiels sont consignés dans un rapport remis à la Chambre des députés française par M. Guillemin, au nom d'une commission chargée d'examiner diverses propositions de loi relatives à la répression des fraudes commises dans la vente des beurres.

Dans une série d'expériences entreprises vers 1869 à la ferme de Vincennes sous les auspices du gouvernement, le savant chimiste Mèje-Mouriès remarqua que des vaches, mises à une diète complète, éprouvaient bientôt une diminution de poids et fournissaient une quantité décroissante de lait, mais que ce lait contenait toujours du beurre. Mèje en conclut que ce beurre provenait de la graisse même de l'animal qui, étant résorbée et entraînée dans la circulation, se dépouillait de la stéarine par la combustion respiratoire et fournissait son oléo-margarine aux mamelles, lesquelles, agissant par la pepsine mammaire, la transformaient en oléo-margarine butyreuse, c'est-à-dire en beurre. Il s'appliqua à reproduire artificiellement ce phénomène naturel, en opérant d'abord sur la graisse de vache, puis sur la graisse de bœuf. Il débarrassa entièrement cette graisse de la stéarine, par fusion à 45°C. et filtration à travers de la toile sous l'action d'une presse hydraulique; il la baratta avec la moitié de son poids de lait et avec de l'eau dans laquelle avaient macéré des mamelles de vache; enfin il colora le produit du barattage au moyen de rocou : tel fut le procédé primitif de fabrication de la margarine.

Bientôt, pour augmenter le rendement des graisses, les industriels qui exploitèrent l'invention de Mèje-Mouriès prolongèrent l'action de la presse hydraulique; et, pour remédier à l'inconvénient de l'introduction dans le produit de stéarine de consistance trop solide, on y ajouta de l'huile au moment du barattage.

La fermentation par la pepsine étant une opération trop délicate, on supprima l'estomac de porc ou de mouton, les mamelles de vache, et l'on se contenta de baratter l'oléo-margarine avec du lait et de l'huile, du rocou ou du jus de carottes.

Comme huile, on employa d'abord celle qui provient de la compression des saindoux; mais ce produit exhalait une odeur qui trahissait son origine ; on lui substitua l'huile d'arachides.

Pour rendre la distinction plus difficile, on incorpora à l'oléo-margarine du beurre naturel. C'est ainsi qu'apparurent le dansk, l'oléo normand, l'oléo breton, le beurre de Hollande, le beurre de Flandre.

Dans le but d'obtenir des produits moins chers, d'autres industriels, notamment en Allemagne et dans l'Amérique du Nord, remplacèrent la graisse de bœuf par la graisse de mouton ou même celle de porc, par des extraits de lard ou de suif, et ils substituèrent à l'huile fine d'arachides les huiles plus ordinaires de coco, de coton ou de palme. On eut ainsi la butirine ou buttérine, la porcine, la suine, etc.

On alla même en Amérique jusqu'à remplacer totalement les graisses par des huiles de palme, de coton ou de coco solidifiées; et l'on vit naître la lactine, le beurre de coco, le beurre de coton, le beurre végétal, la végétaline.

La Hollande comptait en 1887 une cinquantaine de fabriques de margarine et elle exportait environ 60 millions de kilogrammes de cette denrée. En Allemagne, la production annuelle est de 15 millions de kilogrammes, répartis entre 42 fabriques. Aux États-Unis, il y a 21 fabriques produisant annuellement 32 millions de livres environ. On compte en France 19 fabriques de margarine et oléo-margarine, 10 fonderies de suif de bœuf destiné à la fabrication de l'oléo, 1 fabrique de végétaline et 1 de lactine (1).

Presque toute la margarine française est vendue aux marchands de beurre pour être consommée sous le nom de beurre et au même prix, et ce, en dépit du règlement qui interdit cette fraude. A Paris, c'est aux Halles que les marchands de beurre se procurent la margarine; en province, ils la reçoivent le plus souvent par l'intermédiaire d'un homme de paille, dont le nom seul figure sur l'expédition et sur les traites. La fraude n'est pas seulement pratiquée par les marchands ou les vendeurs : les

(1) En Belgique, nous n'avons encore que 2 ou 3 fabriques de margarine ; mais on importe de Hollande des quantités énormes de cette denrée.

paysans commencent également à margariner leurs beurres; et les laiteries industrielles, qui fabriquent le beurre en grand par des procédés mécaniques, sont elles-mêmes menacées de la contagion, grâce à la théorie de l'émulsion et à l'entonnoir ou alimentateur spécial pour matières grasses. Lorsque les écrémeuses ont extrait du lait la crème destinée à faire le beurre, il suffit de leur adjoindre le nouvel instrument pour introduire par émulsion, dans ce lait maigre, les éléments gras factices propres à remplacer la crème disparue. On versera de l'oléo liquide lorsqu'on voudra obtenir du beurre, de l'huile de lin ou du saindoux fondu s'il s'agit de faire du fromage. " Les écrémeuses, dit le prospectus, s'emploient sans modification; il suffit d'y adjoindre l'entonnoir ou alimentateur spécial pour matières grasses... On n'a besoin de faire aucune installation. On n'a qu'à laisser le tuyau en place; et l'écrémeuse se charge du reste. „

Il est à noter que, si la margarine fabriquée avec des graisses fraîches sortant des abattoirs ou tueries et expertisées soigneusement par des vétérinaires, est un produit parfaitement sain, il n'en est pas de même des margarines préparées à l'aide de graisses avariées, tournées, ou provenant d'animaux atteints de maladies telles que le charbon, la peste porcine, la rage, de graisses contenant des parasites tels que des œufs de ténia et des trichines, ou ayant subi des altérations dans certaines affections internes, ou enfin de déchets de graisses épurés chimiquement. On sait que l'on offre parfois aux fabricants de margarine des graisses sortant des clos d'équarrissage. On sait aussi qu'une grande partie des graisses utilisées proviennent d'Amérique : or, dans le nouveau continent, on paraît être assez peu scrupuleux en cette matière, à en juger par divers articles des journaux américains, par un rapport d'une commission d'enquête du Sénat de New-York et par les résultats de l'analyse chimique. On se sert fréquemment là-bas de graisses de la plus basse qualité, rendues inodores au moyen d'un très grand excès d'acide nitrique ou d'acide sulfurique; parfois on les additionne de talc, de carbonate de plomb et d'autres sels toxiques, de pétrole lourd, de vaseline; souvent on les colore au moyen de dérivés de la houille.

Il faut remarquer, d'autre part, que la margarine même la mieux préparée ne constitue pas un aliment aussi digestif que le beurre. Il a été reconnu que les corps gras, pour être absorbés par l'économie, doivent être émulsionnés : or la margarine s'émul-

sionne difficilement, les globules formés n'ont pas l'extrême ténuité des globules de beurre et ils se résolvent rapidement en huile ; la margarine se trouve donc dans des conditions d'absorption très inférieures à celles du beurre. On a vu, d'ailleurs, que dans la margarine actuelle se trouvent souvent des matières grasses végétales; or on sait que les huiles végétales sont d'une digestibilité plus difficile que les graisses animales.

Malheureusement, il n'existe pas de moyen sûr, économique et pratique, de reconnaître instantanément la présence de la margarine dans un beurre. La seule méthode qui soit considérée à l'heure actuelle comme pouvant donner des résultats approximatifs certains, est celle qui est basée sur le dosage des acides volatils et des acides insolubles; et cette méthode est longue et délicate.

Des mesures légales ou réglementaires sont donc indispensables pour moraliser le commerce du beurre et de ses succédanés et pour protéger la santé publique. Semblables mesures ont été prises dans presque tous les pays; et il est question, en France, de renforcer considérablement la rigueur des dispositions précédemment adoptées (1).

Désinfection et blanchiment de la fécule par l'électricité. — La fécule de pommes de terre est employée sur une vaste échelle dans la préparation des sirops de glucose, ainsi que pour l'apprêt et la charge des tissus. Les principales qualités exigées de ce produit sont, comme on le sait, la pureté, la blancheur, le manque absolu d'odeur, la siccité.

Rappelons brièvement la composition et l'origine de la fécule, ainsi que les procédés actuels de sa fabrication.

La fécule est un hydrate de carbone répondant à la formule $C_6H_{10}O_5$. Elle se compose de deux éléments constitutifs : la *granulose,* matière qui colore la teinture d'iode en bleu, se dissout dans le chlorure de chaux à froid et se solubilise sous l'influence de la salive et de ferments divers; et la *cellulose amylique,* qui se colore en rouge par l'iode et se dissout dans le chlorure sodique additionné d'acide chlorhydrique. On estime à 5 ou 6 p. c. la quantité de cette dernière matière contenue dans la fécule de pomme de terre. En dehors de la granulose et de la cellulose amylique, on trouve encore dans le grain de fécule, à sa partie externe, une matière albuminoïde peu étudiée jusqu'à présent et dont la proportion est de 2 p. c. environ.

(1) *Journal officiel* français, 25 février 1892.

A côté de la fécule (14 à 24 p. c.), le tubercule de la pomme de terre contient le parenchyme et l'eau de végétation (70 à 75 p. c.).

Le *parenchyme,* que l'on désigne dans l'industrie sous le nom de *pulpe,* est composé par l'ensemble des cellules où le grain de fécule a pris naissance et par la peau qui recouvre la surface extérieure du tubercule. Le tissu cellulaire est formé de grains de cellulose et de paracellulose, cimentés par de la vasculose, de la pectose, des pectates et diverses matières albuminoïdes, dont les principales sont la caséine végétale (gluten-caséine), la fibrine végétale (gluten-fibrine), la gélatine végétale (gliadine) et la mucédine. Quant à l'enveloppe extérieure, on y rencontre, en plus de ces corps, de la cutose; elle constitue une grande partie de cette sorte de vernis qui recouvre la pomme de terre. Tous ces éléments de la pulpe sont, à part quelques pectates, insolubles ou peu solubles dans l'eau.

L'*eau de végétation* contient, en dehors de l'eau proprement dite, de l'albumine végétale, de la légumine, de la vitelline végétale et de la myosine, divers composés amidés encore mal définis, de la fécule solubilisée, des ferments, une gomme particulière, de la solanine, de la dextrine, du sucre, des sels divers (phosphates, sels ammoniques, sels calciques, etc.) et enfin des huiles essentielles.

Deux procédés sont actuellement en usage pour séparer tous ces corps de la matière amylacée : le procédé mécanique et le procédé chimique.

Procédé mécanique. — C'est la méthode généralement suivie. Les opérations successives qu'elle comporte sont : le lavage des tubercules, le râpage, le tamisage (lavage sous un filet d'eau de la pulpe placée sur un tamis), le raffinage ou épuration sur des tables, bacs ou plans inclinés ou à la turbine, et enfin le séchage sur des aires ou dans des étuves.

Ce procédé donne lieu à des inconvénients.

Si l'eau est calcaire, il se forme des pectates de chaux insolubles ou des métapectates de chaux solubles qui, brunissant à la chaleur, altèreront la blancheur de la fécule lors du séchage. La chaux transformera, d'autre part, la fibrine végétale et la mucédine en corps insolubles ; l'acide carbonique changera en masses gélatineuses la myosine et la globuline. Enfin la chaux transformera les huiles essentielles en corps insolubles, qui communiqueront à la fécule une odeur désagréable.

La cellulose, qui surnage à la surface des plans inclinés et qui

forme avec les matières albuminoïdes et pectiques ce que l'on appelle les *gras de féculerie,* retient une quantité considérable de fécule. Ces gras sont retraités, après un temps plus ou moins long, pour en extraire la matière amylacée qu'ils contiennent. Or, pendant ces temps d'arrêt, ils subissent diverses fermentations : d'abord la fermentation pectique, où la pectose, sous l'influence de la pectase, se transforme en acide métapectique, lequel, avec les sels calcaires renfermés dans l'eau, donne du métapectate de chaux, produit dont on a vu plus haut les inconvénients. Ensuite, à raison de la présence de matières albuminoïdes et particulièrement de la caséine végétale, la fermentation lactique se déclare et transforme une partie de la fécule elle-même en acide lactique, lequel donne, avec les sels calcaires renfermés dans l'eau, du lactate de chaux rendant la fécule impropre à la fabrication du glucose cristallin. Les fermentations pectique et lactique se produisent d'ailleurs, partiellement, dans la fécule des plans inclinés. L'acide sulfurique, employé quelquefois dans le traitement des gras pour décomposer les lactates et métapectates de chaux, ainsi que les autres corps calcaires, donne en abondance du sulfate de chaux, ce qui gêne dans la fabrication du glucose; en outre, il transforme la fécule en dextrine. Le chlorure de chaux liquide, également employé parfois dans le raffinage, a la propriété de dissoudre la granulose et de diminuer ainsi la teneur en matière amylacée.

Procédé chimique. — Les tubercules, coupés en rondelles et arrosés d'eau chaude, sont abandonnés à eux-mêmes pendant huit jours : sous l'influence de la fermentation pectique qui se développe, le ciment végétal qui lie les cellules se dissout, la pectose se transforme en acide métapectique, les pectates en métapectates solubles et, sous l'action des amylobactères, la cellulose elle-même est attaquée. Les tubercules sont ainsi transformés en pâte molle. On en extrait la fécule par le tamisage.

Dans ce procédé, le grain de fécule étant respecté, le produit est plus brillant; mais on se heurte aux inconvénients signalés précédemment à propos de la fermentation dans le cas du procédé mécanique.

Le *procédé électrochimique* de Hermitte paraît offrir, au point de vue de la qualité du produit, de grands avantages sur les précédents.

Les tubercules sont lavés, râpés et tamisés comme dans le procédé mécanique ordinaire. Seulement, on se sert, pour cette

dernière opération, d'eau purifiée et additionnée d'une faible quantité d'alcalins, de préférence de carbonate de soude.

Pour purifier l'eau, on y ajoute une petite quantité de sel marin et on la fait passer par l'électrolyseur : de la soude est mise en liberté au pôle négatif, et elle précipite la chaux des sels calcaires. Si l'on désire opérer rapidement, on peut ajouter au sel marin un peu de chlorure d'aluminium, lequel donne de l'alumine gélatineuse, qui constitue un excellent clarifiant. Au pôle positif, il y a production d'un composé oxygéné du chlore, lequel agit puissamment, le cas échéant, sur les matières organiques, germes, ferments, hydrogène sulfuré, hydrocarbures, etc., contenus dans l'eau et les transforme en acide carbonique, acide sulfureux, etc.

Le carbonate de soude ajouté à l'eau facilite les opérations en solubilisant les matières albuminoïdes (albumine végétale, légumine, globuline, fibrine végétale, mucédine, gélatine végétale, myosine), les pectates de chaux et les huiles essentielles. La vasculose oxydée par l'oxygène provenant du composé chloré se change en acide résineux, soluble, lui aussi, dans le carbonate de soude.

C'est dans le raffinage ou épuration de la fécule que la méthode électrolytique a son action principale.

A l'eau employée dans les bacs raffineurs, on ajoute en quantité suffisante du sel marin, du chlorure de magnésium et de la magnésie gélatineuse, obtenue par le traitement du chlorure de magnésie au moyen de soude caustique ; puis, après agitation et mélange intime avec la fécule venant du tamisage, on fait passer cette eau féculente à travers l'électrolyseur avant de l'envoyer aux plans de dépôt. Le courant, sans action sur la fécule, décompose le chlorure de magnésium et l'eau et donne naissance à un composé oxygéné du chlore, instable et partant doué d'un grand pouvoir oxydant. L'oxygène naissant fourni par ce composé se combine avec les corps oxydables, tels que les huiles essentielles, contenus dans la fécule, pour former des corps gazeux. Envoyée sur les plans au sortir de l'électrolyseur, la fécule se dépose rapidement ; et les gras sont transformés en une sorte de chapeau assez semblable aux écumes de défécation et ne retenant que fort peu de fécule.

Avant le séchage, il est nécessaire de soumettre la fécule à un dernier lavage au moyen d'eau contenant soit de l'ammoniaque, soit de l'hyposulfite de soude, et ce, afin de neutraliser toutes les traces de chlorures qui pourraient subsister dans le produit.

Les gras sont également traités avec avantage par le procédé Hermitte.

Les fécules vertes et les gras provenant du traitement électrolytique ne sont pas sujets aux fermentations pectique et lactique. En effet, le composé oxygéné du chlore et l'oxygène qui en dérivent sont des antiseptiques puissants; les anaérobies ne peuvent vivre dans ce milieu oxygéné, et les aérobies sont attaqués dans leur constitution et détruits par l'oxygène.

Il n'y a donc pas à craindre la formation de pectates et de lactates de chaux.

Enfin le composé oxygéné du chlore produit par l'électrolyse est un agent de blanchiment très énergique, dont on connaît déjà les effets sur la pâte à papier, les fils et les tissus.

Des appareils pratiques (électrolyseurs, dynamos, pompes, etc.) ont été créés pour l'application du procédé Hermitte à la fabrication de la fécule (1).

Vins : ozonisation, déplâtrage, production de bouquets, vin de figues, vin de betteraves. — Des essais en grand, pratiqués en France, ont montré que l'ozonisation améliore les vins d'une façon notable et assure leur conservation; les vins d'Algérie notamment subissent par ce traitement une transformation avantageuse. Le matériel se compose d'un ozoniseur à plateaux horizontaux ou verticaux, d'une pile à auges, d'une bobine d'induction et d'une bonde à pression. L'oxygène, contenu dans des tubes où il est comprimé à 120 atmosphères, traverse l'ozoniseur très lentement et à la pression d'une atmosphère et demie; il s'électrise et arrive, au moyen d'un tube métallique, dans le tonneau contenant le vin à traiter. Les effets de l'oxygène ozonisé portent sur les matières, mal connues jusqu'à présent, qui communiquent aux vins leurs propriétés, défauts et qualités. Il n'y a, pour l'application de ce procédé, aucune installation spéciale à réaliser ni aucune manipulation de liquide à opérer; ce traitement diffère en cela du chauffage (pasteurisation) et de l'électrisation simple.

Pour ramener les vins plâtrés à la teneur en sulfate potassique tolérée par les règlements, on y ajoute depuis quelque temps un mélange de tartrate de strontium et d'acide tartrique; cette opération reconstitue dans le vin un des éléments que le plâtrage y avait détruits et elle ne change presque rien à la

(1) *Génie civil*, 30 janvier 1892.

couleur du vin ni à son goût. Malheureusement il reste toujours du tartrate de strontium en dissolution. Ce sel ne semble avoir aucun effet toxique; mais sa présence cachée dans le vin constitue une falsification d'un produit naturel; d'ailleurs il n'est pas certain que la strontiane reste sans action sur l'organisme lorsqu'elle est absorbée journellement et à doses sensibles dans un aliment d'un usage courant, comme le vin, ni qu'elle soit inoffensive pour des consommateurs particulièrement susceptibles à raison de leur tempérament, de prédispositions individuelles ou de maladies préexistantes; enfin il est à craindre que l'on ne fasse usage de sels de strontium impurs, contenant notamment des sels de baryum, lesquels sont des plus toxiques. Pour ces raisons, l'Académie des sciences de Paris a émis un avis défavorable au sujet de cette pratique du déplâtrage par la strontiane.

Jacquemin et d'autres expérimentateurs ont reconnu le bien fondé de cette opinion, émise par Pasteur, que le goût et les qualités des vins dépendent pour une grande part de la levure spéciale qui a présidé à la fermentation. Des vins d'orge et des vins de raisins secs, produits sous l'influence de levures de raisins de crus divers, ont offert le bouquet caractéristique de ces crus. Des moûts de raisins ne donnant habituellement qu'un vin plat, additionnés de levures extraites de grands vins, ont donné des produits possédant le parfum de ces derniers. Les levures choisies, après avoir été purifiées, peuvent être cultivées dans du moût d'orge stérilisé et conservées dans de l'eau sucrée. Les levures cultivées fournissent, non seulement le bouquet désiré, mais encore une teneur en alcool plus élevée. La levure des raisins n'est pas la seule qui exerce une influence, au point de vue du bouquet, sur les boissons fermentées: il en est de même de la levure des pommes, des poires et des autres fruits.

On fabrique aujourd'hui, notamment en Algérie, du vin et de l'alcool de figues. Lorsqu'on arrose ces fruits avec une quantité convenable d'eau tiède acidulée par l'acide tartrique, ils entrent rapidement en fermentation et fournissent une boisson vineuse, marquant 8 degrés environ à l'alcoomètre centésimal, contenant tous les éléments constituants du vin et ne pouvant qu'assez difficilement être distinguée de celui-ci à la dégustation, surtout si l'on y a ajouté un peu de vin véritable. A l'analyse, le vin de figues est caractérisé par la présence d'une proportion notable

de mannite, soit 6 à 8 grammes par litre, alors que dans le vin ordinaire on ne rencontre cette substance qu'exceptionnellement et à la dose de quelques décigrammes par litre.

Il paraît que l'on est également parvenu à fabriquer, au moyen de la betterave, un vin d'un goût excellent et qui, comme force, ne le cède nullement au vin de raisin. Ce nouveau vin a la saveur des vins d'Espagne; son arome est délicat; mais il a besoin d'un repos prolongé pour s'éclaircir complètement (1).

Rectification des alcools. — On sait que les alcools, eaux-de-vie, etc., proviennent principalement aujourd'hui, non plus du vin, mais des substances farineuses, des mélasses, des betteraves, des pommes de terre, de fruits et de substances diverses. Ainsi, en France, sur près de 2 200 000 hectolitres d'alcool produits en 1890, 40 000 à peine ont été extraits du vin; 800 000 hectolitres ont été fournis par la betterave, 700 000 par la mélasse et 650 000 par les substances farineuses.

Les alcools d'industrie renferment souvent, lorsqu'ils ont été fabriqués dans des conditions défectueuses ou mal rectifiés, des alcools supérieurs qui leur donnent un arome spécial, mais leur communiquent en même temps des propriétés nuisibles.

Il a été reconnu que la formation de ces alcools supérieurs dans les liquides fermentés n'est pas due à la décomposition du sucre par la levure, au moment où celle-ci accomplit sa fonction alcoolique; qu'elle doit être plutôt attribuée au développement d'un organisme microscopique dont l'action se trouve, au début de la fermentation, étouffée par l'action de la levure, et qui reprend son activité quand celle-ci a terminé son œuvre. On sait que, par la fermentation dite complémentaire, le vin, le cidre, la bière prennent un bouquet qu'ils n'avaient pas aussitôt après la fermentation tumultueuse : pendant cette fermentation complémentaire, l'alcool s'éthérifie au contact des acides; mais, en même temps, il se forme des alcools supérieurs dont l'odeur est repoussante quand ils sont isolés, mais qui, en faible quantité, donnent à l'alcool un arome particulier ; alcools supérieurs dont les éthers ont un parfum plus accentué que les éthers de l'alcool éthylique. Il en résulte que les moûts industriels appelés à fournir des alcools neutres doivent être distillés avant la fermentation complémentaire.

(1) *Bulletin international d'électricité; Revue industrielle; Revue scientifique,* etc.

Quelques mesures que l'on prenne pour empêcher la formation d'alcools supérieurs, il est généralement nécessaire, en distillerie, de procéder à la rectification des alcools bruts ou *flegmes.*

Actuellement cette épuration s'exécute par des opérations successives dans des appareils à rectifier.

Un ingénieur français, M. Perrier, semble avoir résolu le difficile problème de la rectification continue par première distillation, et avoir vaincu la difficulté de sérier les vapeurs, de les classer, bien que se présentant aux analyseurs à des températures et dans des proportions constamment variables.

Le procédé est basé principalement sur l'emploi, comme bains condensateurs, de liquides divers dont les points d'ébullition, progressivement décroissants, correspondent exactement aux températures qu'il convient de maintenir dans chaque condenseur, pour amener la condensation successive des divers facteurs gazeux et la classification automatique des produits ainsi fractionnés.

Indépendamment de l'emploi de ces condenseurs *homothermes,* M. Perrier fait usage d'analyseurs disposés de façon à ce que les vapeurs s'y trouvent en contact direct et moléculaire avec des produits condensés de plus en plus épurés, et qu'ainsi la tendance des produits moins volatils à rester incorporés dans la masse gazeuse par voie de diffusion se trouve combattue par le pouvoir dissolvant du liquide condensé. A cet effet, les récipients constituant les analyseurs sont remplis de perles d'égal diamètre ; ces obstacles divisent à l'infini et ralentissent dans leur marche, d'une part les vapeurs et, d'autre part les liquides condensés, destinés à réagir les uns sur les autres. Ces analyseurs, de faibles dimensions, sont plongés dans les bains à température constante dont il a été question ci-devant.

Le nouvel appareil de M. Perrier est donc composé de divers groupes analyseurs comprenant chacun un condenseur à température uniforme et constante et un analyseur moléculaire à contact direct. Chacun de ces groupes analyseurs reste affecté à l'analyse de certains produits, à l'exclusion des autres, en raison de la température invariable qui limite l'étendue des analyses que chacun d'eux a mission d'effectuer (1).

Emploi de l'aluminium dans la fabrication des ustensiles de ménage. — L'aluminium est-il inaltérable dans les conditions

(1) *Génie civil.*

ordinaires et peut-il servir notamment à la fabrication des ustensiles de ménage? Il semble que oui, d'après les expériences de Sainte-Claire Deville, de Morin, de Le Chatelier, de Werth, etc., et d'après des essais plus récents pratiqués par M. Rupp, chimiste allemand. Suivant ce dernier, le vin, la bière, l'eau-de-vie, le café, le thé, le lait, le beurre, le miel, les compotes de fruits, le vinaigre même le plus fort attaqueraient très peu l'aluminium. Selon d'autres chimistes allemands, au contraire, ce métal ne pourrait trouver d'emploi dans la fabrication des ustensiles de ménage, étant trop facilement attaqué par les liquides quelque peu acides. La question offre, en tout cas, beaucoup d'intérêt, étant donné le bas prix actuel de l'aluminium (6 francs le kilogramme), sa légèreté remarquable et ses autres qualités. On annonçait dernièrement que l'armée prussienne allait être munie de vaisselle en aluminium (1).

J.-B. ANDRÉ.

ASTRONOMIE.

Nous nous proposons de parcourir rapidement les faits astronomiques les plus importants de ces dix derniers mois.

Éclipses de Soleil et activité volcanique. — Les deux éclipses de Soleil de 1891, considérées en elles-mêmes, n'avaient rien de remarquable. Mais celle du 6 juin dernier a permis à M. Luigi Palmieri, directeur de l'Observatoire du Vésuve, de vérifier et de confirmer l'exactitude d'une loi intéressante formulée par lui antérieurement, et tendant à préciser l'influence des éclipses sur les phénomènes éruptifs du Vésuve (2).

Un instant de réflexion suffit à faire voir qu'au moment de la nouvelle Lune, la résultante des actions du Soleil et de la Lune sur notre globe passe par un maximum. En effet, les deux forces émanées de ces astres étant alors dirigées suivant la même droite, au moins à peu de chose près, et dans le même sens, s'ajoutent presque intégralement. Elles se combattent, au contraire, à peu près directement, au moment de la pleine Lune,

(1) *Revue industrielle.*
(2) D'après CIEL ET TERRE, 12e année, octobre 1891, p. 357.

et leur résultante passe alors par un minimum. L'une et l'autre de ces circonstances peut provoquer sur la Terre des phénomènes remarquables : les grandes marées de la nouvelle Lune et de la pleine Lune, des syzygies, en un mot, en sont un exemple frappant.

Or de l'étude que M. Palmieri a faite des cataclysmes vésuviens et de ses propres observations poursuivies pendant un grand nombre d'années, il ressort que le noyau liquide renfermé dans les entrailles de la Terre, aurait, lui aussi, ses grandes marées des syzygies et qu'ainsi les grandes manifestations de l'activité volcanique dépendent, au moins en partie, des positions relatives du Soleil et de la Lune ; toujours, en effet, elles ont lieu à la nouvelle Lune ou à la pleine Lune. Cette coïncidence s'est reproduite d'une façon très nette en juin dernier. A l'égal de l'éclipse de Soleil du 17 juin 1890, l'éclipse annuaire du 6 juin 1891 a eu son écho dans une effervescence plus marquée du volcan napolitain : fumées abondantes lancées avec force et colorées en rouge par le chlorure de fer, fortes détonations, grondements répétés, projections énergiques de grandes masses de matières incandescentes.

Une autre circonstance intéressante à relever est *l'intensité anormale du courant tellurique pendant l'éclipse.* L'aiguille du galvanomètre destiné à la mesurer a subi, à l'Observatoire du Vésuve, des oscillations si continuelles et si fortes qu'elles rendirent impossible toute mesure définitive. La répétition, le 6 juin dernier, de ce phénomène déjà remarqué le 17 juin 1890 suffit à écarter l'hypothèse d'une coïncidence fortuite entre l'éclipse et les soubresauts du courant.

La Lune. Couleur du disque éclipsé. — L'observation de l'éclipse du 15 novembre 1891 fut, en général, peu favorisée par le temps. Quelques amateurs persévérants purent profiter de fugitives éclaircies pour constater entre autres détails la couleur *rouge cuivre* de notre satellite éclipsé. On sait que cette couleur n'est pas toujours la même. Ainsi, d'après M. Beechey, pendant l'éclipse du 4 octobre 1884, le disque lunaire fut d'une teinte *gris froid ;* pendant celle du 12 juillet 1885, M. Bruguière le vit *brun foncé ;* en revanche, il avait sa couleur *rouge cuivre* habituelle dans celle du 28 janvier 1888. A vrai dire, M. Chambers (1), à qui nous empruntons plusieurs de ces détails,

(1) *Lettre au Times*, 31 janvier 1888, reproduite dans le HANDBOOK OF DESCRIPTIVE AND PRACTICAL ASTRONOMY, 4e édition, Oxford, 1889-90, I, p. 331, du même auteur.

remarque expressément qu'il n'emploie ce terme *(coppery hue)* que parce qu'il est d'usage courant, car, en réalité, la teinte de la Lune était plutôt *rose pâle (pink tinge)* que cuivrée. D'ailleurs, M. Léotard, à Marseille, attribue à la Lune éclipsée, le 15 novembre dernier, une teinte générale *rouge orangé un peu clair,* tandis que, au commencement et à la fin de l'éclipse, l'ombre lui parut *gris plomb.* Or à Marseille aussi, les astronomes de l'Observatoire trouvèrent l'ombre *gris noir très sombre* au commencement et à la fin de l'éclipse, et *rouge brique* pendant la totalité (1). Ces questions de couleurs et de teintes prêtent toujours à certaines divergences d'appréciations. *De gustibus et de coloribus non est disputandum.*

Képler le premier trouva la vraie raison de la non-disparition de la Lune pendant les éclipses : il montra que cette illumination persistante du satellite éclipsé ne lui est pas intrinsèque, mais qu'elle est due à la réfraction des rayons solaires dans notre atmosphère. Quant à la couleur rouge, on sait aussi qu'elle provient de l'absorption des rayons bleus qui accompagne cette réfraction, et c'est par un phénomène tout semblable que, le soir, le Soleil couchant paraît rouge et illumine en rouge toute la portion du ciel qui l'avoisine. Mais on voulut aller plus loin et rendre compte de la variabilité de l'intensité de l'illumination et de la diversité des teintes observées dans les différentes éclipses. La portion d'atmosphère traversée par les rayons solaires est-elle, disait-on, suffisamment libre de vapeurs d'eau, le rouge sera absorbé, le disque lunaire sera éclairé en bleu et, par là, ne tranchant plus assez sur le fond du ciel, sera presque invisible ; au contraire, l'atmosphère est-elle fortement saturée, la surface lunaire sera vivement éclairée en rouge. Or, il ne semble pas que ce mode d'explication soit suffisamment d'accord avec les observations météorologiques; si bien que, de l'avis de plusieurs, la question doit être considérée comme encore à l'étude (2).

Satellites. — M. Pickering profita de l'occasion que lui fournissait la même éclipse pour s'assurer de l'absence de satellites autour de la Lune. Le ciel fut photographié sur un espace de 30° autour du disque éclipsé, et il ressort de l'étude des plaques que la Lune est dépourvue de tout compagnon d'une masse assez importante pour les impressionner. (Observatoire de Harvard College, Cambridge, États-Unis.)

(1) Bulletin astronomique, janvier 1892. t. IX. p. 5.
(2) Monthly Notices, t. XLV, p. 44, nov. 1884.

Photographie du disque éclipsé. — A Toulouse et à Bordeaux, on s'est efforcé d'obtenir des épreuves photographiques des régions éclipsées (1). MM. C. Fabre et Andoyer, à Toulouse, ont spécialement étudié l'*emploi des plaques orthochromatiques en photographie astronomique.*

Avant d'énoncer les résultats, il ne sera peut-être pas inutile de rappeler quelques principes. Les substances impressionnables sont, à l'égard des diverses couleurs du spectre, d'une sensibilité très inégale et peu en rapport avec l'éclat de ces couleurs. Ainsi, le bleu, couleur sombre, agit avec énergie dans un intervalle de temps où le jaune, si vif, ne donnerait qu'une tache noire; le rouge est plus inerte et plus paresseux encore que le jaune. Le blanc se montre très actinique, mais c'est en raison du bleu qu'il contient. Il suit de là que les clairs et les sombres sont rendus par la photographie d'une manière parfois très inexacte. Prenons, si l'on veut, un tableau d'un coloris franc et varié. Par les méthodes ordinaires, l'artiste le plus habile n'en obtiendra jamais qu'un cliché faux, à valeurs lumineuses ridiculement renversées.

" Par les méthodes ordinaires „, avons-nous dit. Car deux procédés spéciaux permettent de remédier à l'inégalité de puissance actinique des couleurs; seulement, l'un et l'autre n'étant qu'une concession faite à l'inertie des rayons peu actifs, sacrifie l'instantanéité de l'opération.

L'emploi des verres colorés constitue le premier de ces procédés. Par exemple, un verre orangé, d'une teinte convenable, placé devant l'objectif, tempère les rayons bleus, ralentit leur action et, laissant le passage libre aux rayons jaunes et rouges, leur permet d'agir efficacement avant que la plaque ne soit surposée pour le bleu. M. Lippmann obtient même des photographies claires, à valeurs justes, quelle que soit la diversité des couleurs de l'objet visé, par le moyen de trois glaces colorées dans trois poses successives. Grâce à ce procédé, que nous ne pouvons que mentionner ici, les feuillages verts, les draperies jaunes ou rouges, etc., au lieu de donner des nuances brunes, sont rendus par un dessin finement modelé comme dans une gravure bien faite (2).

Un autre artifice consiste à teindre le sel sensible (gélatino-

(1) COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS, novembre 1891. t. CXIII, p. 733 et p. 735.— Janvier 1892, t. CXIV, p. 60.

(2) COMPTES RENDUS. Avril 1889. t. CVIII. *Sur l'obtention des photographies en valeurs justes par l'emploi des verres colorés.*

bromure, collodiobromure, etc.), au moyen de certaines substances telles que la chlorophylle, l'aurine, la coralline, l'éosine, etc. Cette teinture rend la plaque *isochromatique* ou *orthochromatique,* qualificatif qui devrait signifier : capable de laisser à chaque couleur la proportion de lumière qui lui convient.

Revenons à l'éclipse du 13 novembre passé. A Toulouse, les plaques au gélatinobromure ordinaire ont montré une insensibilité à peu près complète pour les portions du disque lunaire plongées dans l'ombre, alors que les parties éclairées montraient une surexposition manifeste; il en a été de même avec le collodiobromure ordinaire. Les plaques au collodiobromure rendues orthochromatiques par l'éosine (formule Vogel), ou par la cyanine (formule Eder), ont donné de meilleurs résultats; les portions dans la pénombre et dans l'ombre ont pu être obtenues en partie.

Sans être absolument affirmatifs, à raison des conditions atmosphériques défavorables (nuages fréquents et ciel peu limpide), les expérimentateurs admettent que les plaques au collodiobromure d'argent rendues orthochromatiques sont relativement plus sensibles aux radiations rouges et jaunes que les plaques au gélatinobromure vendues sous le nom de *plaques sensibles* aux dites radiations.

Ces expériences seront d'ailleurs répétées sur Mars, sur Jupiter et sa tache rouge, et sur les étoiles colorées.

L'insensibilité des plaques au gélatinobromure ordinaire, à l'égard des parties de la Lune plongées dans l'ombre pure, n'est certainement pas absolue : les essais tentés à Bordeaux le montrent à l'évidence. Des portions notables du disque totalement éclipsé ont pu être photographiées, avec des expositions de deux minutes environ, malgré le mauvais état de l'atmosphère. Aussi M. Rayet est il tenté de croire possible, par des expositions d'une quinzaine de minutes, la photographie d'une éclipse de Lune totale et centrale.

Que notre satellite éclipsé impressionne des plaques extrêmement sensibles, cela paraît assez naturel, vu qu'il n'est pas privé de toute lumière. Toutefois, peut-être faut-il chercher ailleurs l'explication d'une partie de son activité photochimique. L'expérience suivante, rapportée par M. A. Gautier, semble l'indiquer. Sur un parapet insolé peu de temps auparavant, mais actuellement à l'ombre, on place un mélange à volumes égaux de chlore et d'hydrogène; après vingt, trente secondes, parfois plus, les

gaz se combinent avec explosion. Au contraire, qu'on mette un mélange identique à peu de distance de là, sur des points que le soleil n'a pas frappés, et aucun phénomène semblable ne se produit. Les corps insolés semblent donc garder quelque temps une partie de ce pouvoir que Bunsen appelle l'*induction photochimique*, et c'est peut-être à une modification de cette espèce que la surface de la Lune éclipsée doit, en partie, d'agir sur les plaques photographiques très sensibles.

Température moyenne du sol de la Lune. — Nous saisirons l'occasion qui nous est offerte ici de résumer les nombreuses et importantes recherches faites dans ces derniers temps sur la température du sol lunaire (1). Pouillet estimait cette température à — 142° centigrades. Plus récemment (1888), Ericsson, à l'aide de son pyrrhéliomètre à miroir parabolique, la trouva égale ou supérieure à — 97°. Cette évaluation était encore trop pessimiste. On en revient, sans cependant passer, avec sir John Herschel et lord Rosse, à l'extrême opposé, en attribuant au sol de la Lune soumis à la radiation solaire une température de beaucoup supérieure à 100°.

De 1884 à 1887, et notamment pendant l'éclipse du 23 septembre 1885, le professeur Langley a institué des mesures bolométriques de la température du sol lunaire. Le merveilleux instrument, auquel le savant américain a donné le nom de bolomètre, est une sorte de thermomètre électrique d'une sensibilité inouïe. L'expérience montre que, relié à son galvanomètre spécial, instrument analogue au galvanomètre à réflexion de sir W. Thomson, il peut indiquer une variation de température de *1 milliardième* de degré centigrade, et non seulement indiquer, mais mesurer une quantité inférieure à *1 cent-millième* de degré (2). Avec l'aide de pareils moyens, on pouvait espérer des résultats intéressants. En voici quelques-uns.

L'image lunaire étudiée avait un diamètre de 28,3 millimètres, dont une faible partie seulement (les 0,08) tombaient sur le bolomètre. Lors de l'éclipse, l'arrivée de la pénombre fut marquée par une chute de température signalée par l'instrument avant que l'œil eût pu remarquer le moindre assombrissement

(1) The American Journal of Science, 1889, t. XXXVIII, p. 421-440. — Nature (London), janvier 1890, t. XLI, p. 257. — Journal de Physique théorique et appliquée, novembre 1890. Deuxième série, t. IX, p. 532.

(2) Journal de Physique 1887. Deuxième série, t. VI, p. 257.

de l'image. (Le Dr Boeddicker, assistant de lord Rosse à Birr Castle, a fait une constatation analogue lors de l'éclipse du 28 janvier 1888). (1) La Lune continuant à pénétrer dans la pénombre, la température continua de s'abaisser. Il fut constaté que, 5 minutes après le milieu de l'éclipse, la quantité de chaleur perdue par le sol lunaire était inférieure à 0,01 de la chaleur du même sol éclairé par le Soleil. Après le passage de l'ombre, le relèvement de la température fut aussi rapide que la chute l'avait été. Il découle de ces observations, que, dans l'espace de quelques heures, les conditions climatériques de la Lune éprouvent des modifications plus profondes que celles qui résulteraient du passage de notre zone torride aux plus grands froids de l'hiver polaire. Il en découlait tout d'abord que, contrairement à l'opinion de sir H. Herschel, la chaleur lunaire n'est pas entièrement absorbée par notre atmosphère.

L'action de cette atmosphère n'en constitue pas moins une des grosses difficultés de la question; mais, grâce au nombre considérable des observations et des expériences comparatives faites sur un énorme cube de Leslie placé à 100 mètres de distance, on parvint à éliminer les causes d'erreur dues à cette influence perturbatrice.

La conclusion la plus importante de ces recherches du professeur Langley est que la température moyenne du sol de notre satellite exposé à l'illumination solaire n'est, très probablement, pas beaucoup supérieure au zéro centigrade; elle doit être, approximativement, d'environ —10°, et cette évaluation est basée sur le fait que celui des deux maxima d'intensité qui, dans le spectre infra-rouge de la Lune, correspond à la chaleur absorbée par la Lune et émise ensuite, répond au maximum observé dans le spectre calorifique d'un corps rayonnant dont la température est à —10° environ.

M. C. C. Hutchins a aussi mesuré le rayonnement calorifique lunaire au moyen d'un thermographe constitué par une simple soudure, fer-nickel, placée au foyer d'un petit miroir concave (2). Cet instrument est environ douze fois plus sensible qu'une pile thermo-électrique de quarante-huit couples. Dès 1869 et 1870, lord Rosse avait déjà employé avec succès un dispositif analogue dans des recherches de même nature (3). Les observa-

(1) Bulletin astronomique. Janvier 1892. t. IX. p. 37.

(2) Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences, t. XXIV. — Nature (London), novembre 1890, t. XLIII. p. 44.

(3) Nature (London), décembre 1890, t. XLIII, p. 104.

tions de M. Hutchins pendant l'éclipse du 28 janvier 1888 le conduisirent à conclure avec M. Langley qu'il n'y a pas absorption complète de la chaleur lunaire par l'atmosphère terrestre. Il s'efforça même de construire la courbe de transmission de cette chaleur à travers notre atmosphère en fonction de la hauteur de notre satellite. D'après ses mesures, sous la pression normale, 89,25 pour cent de la chaleur envoyée par la Lune, suivant la verticale, parviennent jusqu'à nous. Il estime en outre que la somme de chaleur que nous recevons de la Lune est à celle que nous envoie le Soleil comme 1 est à 184 560.

Le bolomètre a été aussi employé pour étudier la *distribution de la température à la surface de la Lune* et les *variations de cette température avec la phase*. Le travail de M. Frank H. Very sur ce sujet, couronné en 1890 par la Société des arts et des sciences d'Utrecht, vient d'être publié (1). L'image lunaire, fournie par un miroir concave, avait ici environ 3 centimètres de diamètre; une fraction de 1/25 à 1/30 tombait sur le bolomètre.

Parlons d'abord de la pleine Lune. Les mesures ont montré que, 6 heures après l'opposition, le limbe oriental était plus chaud que l'occidental dans le rapport de 92,2 à 88,9. On trouve même un excès beaucoup plus considérable dans une observation faite 24 heures après la pleine Lune. Ce résultat est en contradiction formelle avec ceux de M. C.-V. Boys. D'après ce dernier, le côté droit du disque dont les diverses régions ont été exposées de 7 à 14 jours au rayonnement solaire ne serait pas plus chaud que le côté gauche, exposé seulement de 0 à 7 jours; — fait étrange, en effet, et que l'on pouvait s'attendre à voir controuvé. — M. Very prouve en outre que la chaleur lunaire décroît avec la latitude. Si ensuite l'on compare le centre et la région périphérique de la pleine Lune, on constate une différence de chaleur de 20 pour cent; sous ce rapport, la lumière et la chaleur lunaire auraient des allures équivalentes. Il semble enfin, — mais cette question n'est point complètement résolue, — il semble, disons-nous, que les régions dont l'éclat est plus vif rayonnent un peu plus de chaleur que les régions sombres.

Quant aux quadratures, il est établi que l'abaissement de la température, qui s'effectue de la pleine Lune au dernier quartier, s'opère avec plus de lenteur que la hausse produite du premier quartier à la pleine Lune. On était arrivé, à l'Observatoire de lord Rosse, à cette même conclusion; preuve directe de

(1) NATURE (London), octobre 1891, t. XLIV, p. 601.

l'accumulation de la chaleur dans les roches qui constituent le sol lunaire.

Enfin, si l'on représente par une courbe le rayonnement calorifique total de la Lune à ses différentes phases, comme Zöllner l'a fait pour le rayonnement lumineux, on observe que le maximum du rayonnement calorifique, lequel, naturellement, correspond à la pleine Lune, est beaucoup moins marqué que le maximum du rayonnement lumineux. Le Dr Copeland, tandis qu'il était assistant de lord Rosse, s'est efforcé de prouver que ce maximum se produit *avant* la pleine Lune (1) ; résultat bien peu probable et qui le devient moins encore après les travaux de M. Very.

Les recherches de M. C.-V. Boys, auxquelles nous avons fait allusion tout à l'heure, nous fournissent quelques détails complémentaires sur le même sujet (2). Elles furent faites à l'aide d'un radio-micromètre fort supérieur à toutes les piles thermo-électriques, mais incontestablement moins sensible que le bolomètre; nous en avons fourni la preuve à l'instant. Ce radio-micromètre était placé au foyer d'un miroir de verre argenté de 16 pouces d'ouverture.

M. C.-V. Boys a trouvé que, sur le croissant délié qui se montre à quelques jours de distance de la nouvelle Lune, avant ou après, la chaleur va diminuant depuis le voisinage du bord du disque lunaire jusqu'au terminateur. Au premier quartier, les résultats sont analogues ; mais il est à remarquer que le maximum de chaleur se trouve sur le disque de la Lune et non sur le limbe. La partie sombre ne rayonne pas d'une quantité de chaleur sensible au radio-micromètre. — Même résultat négatif, soit dit par parenthèse, pour les étoiles et les planètes. Il serait intéressant de savoir si le bolomètre resterait inerte, lui aussi, sous leur rayonnement.

Formation des cirques lunaires. — Peut-être M. Schwarz, de l'Observatoire de Taschkent, trouvera-t-il dans les documents qui précèdent de solides points d'appui pour sa théorie de la formation des cirques lunaires (3). Esquissons-la en quelques lignes.

Se basant sur ce fait que le sable de nos déserts s'échauffe par-

(1) Bulletin astronomique, janvier 1892, t. IX, p. 37.

(2) Philosophical Transactions, 1889. — Ciel et Terre, 11e année, 1890-91, p. 399.

(3) Ciel et Terre, 11e année, 1890-91, p. 544.

fois, en une journée, jusqu'à 75° C., pour se refroidir, pendant la nuit suivante, au-dessous de zéro, alors cependant que l'atmosphère terrestre et sa vapeur d'eau étouffent en partie les variations de température, M. Schwartz estime que le sol lunaire, absolument desséché et privé de tout voile atmosphérique, doit, pendant la longue nuit lunaire d'environ quinze fois vingt-quatre heures, se refroidir par rayonnement jusqu'à — 150°, et que l'amplitude de l'oscillation de la température lunaire pourrait même atteindre 500° C. On entrevoit les variations considérables de volume auxquelles de pareils changements de température doivent donner lieu dans les matériaux qui composent le sol de notre satellite.

Telles sont les considérations que M. Schwartz applique alors à l'époque où l'écorce lunaire commençant à se solidifier était encore très délicate; il croit y trouver une explication plausible de la formation des cirques, cratères, rainures, fentes dont la surface de la Lune est parsemée. Cette écorce, en effet, dilatée et contractée brusquement, se perçait, se fendillait. Une nouvelle contraction survenant, les liquides intérieurs s'échappant par ces gerçures, se répandaient à la surface en larges gouttes sur lesquelles bientôt une croûte se formait. Sur ces entrefaites, nouvelle dilatation; la partie du liquide non encore prise était résorbée, le milieu de la goutte s'affaissait, et un cirque était formé.

Passage de Mercure sur le Soleil. — Un phénomène intéressant et beaucoup plus rare que les éclipses, mais qui n'était visible qu'en partie dans nos régions, était annoncé pour le 10 mai 1891. Mercure, à cette date, passait sur le disque du Soleil; son entrée (contact externe) avait lieu à minuit $3^m6^s,7$ (temps moyen de Paris), et sa sortie (contact externe), à $4^h59^m46^s,7$. Malheureusement, ici encore, le mauvais état du ciel réduisit considérablement le nombre des postes d'observation.

La sortie fut observée à Édimbourg, mais dans d'assez mauvaises conditions; sur tout le reste de l'Europe, le ciel fut couvert. En revanche, le Sud nous envoie plusieurs relations intéressantes. Parmi les détails curieux observés dans les précédents passages de Mercure, il faut compter l'*auréole de lumière* plus ou moins vive, entourant le disque de la planète, et la *tache brillante* voisine de son centre (1). Cette fois, la tache ne semble pas s'être mon-

(1) La tache brillante fut observée pour la première fois par Wurzelbau,

trée. On la chercha en vain à Poona (Indes), à Port Macquarie (Nouvelle-Galles du Sud), à l'Observatoire Lick, etc. Même résultat négatif pour l'auréole à l'Observatoire Lick, à Port Macquarie, à Vizagapatam, etc.; mais elle fut vue très nettement par M. le professeur Naegamvala, à Poona, et par le R. P. de Peñaranda, S. J., à Calcutta (1).

Forster, qui observait à Bruges le passage de novembre 1848, attira l'attention sur l'extrême noirceur du disque de Mercure comparé aux noyaux des taches solaires visibles en même temps que lui. Tous les observateurs de mai 1891 relevèrent ce même détail. Le R. P. de Peñaranda précise : " Mercure, dit-il, avait une teinte pourpre noir intense, les noyaux des taches étaient plutôt brunâtres et d'un noir notablement moins profond. „ Les photographies prises par le même astronome à cette occasion, témoignent, elles aussi, d'une différence de teinte, en ce sens que le disque pourpré de Mercure n'a impressionné que faiblement les plaques, tandis que des taches, plus petites que lui, plus faibles de teinte, mais brunâtres, sont beaucoup mieux marquées.

Partout aussi on surveilla Mercure avec beaucoup d'attention au moment des contacts internes. On sait, en effet, que la généralité des observateurs déclarent avoir vu les planètes inférieures, à ce moment de leurs passages sur le Soleil, prendre la forme d'une *goutte noire,* d'une poire ; phénomène qui rend presque impossible la détermination précise de l'instant de ces contacts. En mai dernier, l'astronome de Vizagapatam ne constata point cette transformation apparente du disque mercuriel; elle fut devinée à Calcutta et très nettement observée à Sydney et à Poona. On vit même, dans cette dernière localité, le phénomène se compliquer d'une manière étrange. En dehors du disque solaire, en face de la poire attendue, unie col à col avec elle, se montra, pendant environ une demi-minute, une seconde poire

le 3 novembre 1697, à Erfürt. Schröter et Harding en virent deux, le 7 mai 1799. Harding en retrouva deux, le 5 mai 1832, alors que Gruithuisen n'en voyait qu'une. — L'auréole ou halo fut signalée dès 1736 par Plantade, revue par Schröter et Harding en 1799, etc...

Dans ses passages sur le Soleil, Vénus aussi se montre entourée d'une auréole, mais on ne cite guère d'observations d'une tache lumineuse quasi centrale.

L'explication de ces phénomènes est encore à trouver. La diffraction, que l'on a invoquée pour rendre raison de la tache brillante, n'a rien à voir ici, vu que cette tache n'est pas parfaitement centrale.

(1) MONTHLY NOTICES, 1891, t. LI., n° 8. — SIDEREAL MESSENGER, 1891. — BULLETIN ASTRONOMIQUE, février 1892, t. IX, p. 66.

d'une grandeur égale à environ un tiers de la première et moins noire qu'elle. Comment expliquer ce fait curieux ?.....

Le même passage du 10 mai dernier a permis aux astronomes de l'Observatoire Lick de vérifier l'*absence de satellites* autour de Mercure; au moins faut-il dire que ces satellites, s'il en existe, sont si faibles qu'ils échappent à la puissante lunette de 36 pouces établie au sommet du mont Hamilton.

Atmosphère de Mercure. — L'occasion était favorable pour chercher aussi à trancher la question, toujours pendante, de l'*existence d'une atmosphère autour de Mercure*. Schroeter et son assistant Harding avaient répondu à cette question par l'affirmative; d'après eux, Mercure possédait une atmosphère aussi dense à peu près que celle de Vénus. Pour sir W. Herschel, au contraire, le minuscule voisin du Soleil en était totalement dépourvu. Plus récemment, Zöllner, confirmant partiellement l'opinion de ce dernier, avait cru pouvoir déduire de ses mesures photométriques que, pour ne rien dire de plus, l'atmosphère raréfiée de Mercure n'était pas capable de réfléchir la lumière solaire. La spectroscopie a fourni, le 10 mai dernier, de nouveaux éléments de solution. M. le Dr K. Winder, de Détroit (États-Unis), étudia le spectre des régions solaires contiguës au disque de la planète (1). Les raies telluriques, facilement reconnaissables, vu la faible altitude du Soleil au moment de l'observation, parurent énergiquement renforcées dans le voisinage immédiat de Mercure. On peut en conclure, d'une façon à peu près certaine, que cette planète est enveloppée d'une atmosphère très dense, chargée de vapeur d'eau et haute de près de cent lieues; car, sans cela, étant donné la distance de la planète à la Terre, les modifications du spectre fussent restées inappréciables.

Une nouvelle étoile temporaire. — Le monde astronomique a été mis en émoi, au commencement de février passé, par la dépêche suivante émanée de l'Observatoire royal d'Édimbourg : " Hier (1er février) fut reçue une carte anonyme renfermant la communication suivante „ : *Etoile nouvelle dans le Cocher*. Dans la Voie lactée, environ 2° au sud de χ du Cocher, précède 26 du Cocher, 5e grandeur, un peu plus brillante que χ". On la découvrit facilement, le soir, avec de simples jumelles de théâtre... La nouvelle en fut télégraphiée à Greenwich et, un peu plus tard, à

(1) Ciel et Terre, 12e année, août 1891, p. 258.

Kiel, en vue d'une communication à tous les observatoires (1)... Sa position pour 1892,0 est A.R. $5^h\,25^m\,3^s$, D + 30° 21'." L'Observatoire de Kiel envoya, en effet, l'annonce de la découverte dans toutes les directions, et partout, sans retard, on se mit à l'étude de cet objet intéressant. Depuis ce jour elle a été observée avec soin à Greenwich et à Londres, à Kiel, à Bonn, à Berlin, à Upsal, à Turin, à Rome, à Bordeaux et ailleurs. Pas de livraisons de revues astronomiques qui n'apportent de nouveaux détails à son sujet (2).

L'auteur de la carte anonyme était un amateur, le révérend Th. D. Anderson. Il aperçut l'étoile nouvelle, pour la première fois, le 24 janvier, mais, jusqu'au 31, il la prit pour 26 du Cocher, qu'il s'étonnait de trouver si brillante. Il en conçut des doutes sur l'exactitude de son identification, et bientôt, à l'aide de sa petite lunette de poche et de l'Atlas céleste de Klein, se convainquit de la présence d'un nouvel objet céleste dans cette partie du ciel. C'est alors qu'il écrivit à l'Astronome royal d'Écosse.

On ne tarda pas à être informé que la *Nova* apparaissait déjà, depuis le 1er décembre, sur les photographies du professeur Pickering, à Harvard College (Cambridge, É. U.). Mais, sans doute, ces plaques n'avaient pas été examinées avant la réception du télégramme de Kiel. Une étude soigneuse de ces précieux documents conduisit aux résultats suivants. Sur les dix-huit photographies

(1) On sait que l'Observatoire de Kiel a pris à sa charge de faire parvenir télégraphiquement, à tous les observatoires importants du monde entier, la nouvelle des phénomènes astronomiques inattendus.

(2) Nature (London), 1892, t. XLV, 4 février. *New Star in the Milky Way*, p. 325.— 11 février. *On the New Star in the Auriga*, p. 344. — 18 février. *The New Star in Auriga*, Thomas D. Anderson., p. 365. — *The New Star in Auriga*, p. 366.

Royal Society (London), February 25. *Note on the New Star in Auriga*, by J. Norman Lockyer. Nature, l. c , p. 429.

Royal Society (Edimburgh), February 15 et March 21. Nature l. c., p. 454 et p. 527.

Ciel et Terre, 13e année, mars 1892, *Une étoile nouvelle*, p. 21.

Comptes rendus, t. CXIV, 15 février 1892. *L'Étoile temporaire du Cocher*, note de M. G. Rayet, p 330. — 22 février 1892. *Photographie de l'étoile* Nova Aurigae *faite à l'Observatoire du Vatican*, note du R. P. Denza, p. 406.

L'Astronomie, 11e année, mars 1892, *Une étoile nouvelle*, p. 93. — Avril 1892.

Astronomische Nachrichten, n° 3079, pp. 109 et suiv. Communications de M. H. C. Vogel, directeur de l'Observatoire d'astronomie physique à Postdam, et de M. Pickering. — Nature, 24 mars *The New Star in Auriga*, l. c., p. 493.

Bulletin astronomique, mars 1892, t. IX, p. 136.

de la région où se montra la *Nova,* prises entre les dates du 3 novembre 1885 au 2 novembre 1891, aucune étoile n'occupe la place qu'elle y vint prendre; sur celles prises du 16 décembre 1891 au 31 janvier 1892, on trouve à cette place une étoile de 5ᵉ grandeur. En outre, elle apparaît sur les plaques fournies par l'instrument photométrique des passages (transit-photometer) faiblement le 1ᵉʳ décembre et clairement à partir du 10 du même mois. De l'ensemble des mesures, il ressort que la *Nova* était inférieure à la 11ᵉ grandeur le 2 novembre 1891, et de la 6ᵉ le 1ᵉʳ décembre; son éclat crut rapidement du 10 au 18 et elle atteignit son maximum le 20; elle était alors de la 4ᵉ,4 grandeur. Sa lumière commença alors à faiblir lentement, avec de légères oscillations, jusqu'au 20 janvier, où elle était un peu au-dessous de la 5ᵉ grandeur. — On le voit, l'étoile temporaire avait été découverte deux mois trop tard. — Mais complétons immédiatement la suite de ses variations d'éclat. D'après l'Astronome royal d'Écosse, cet éclat augmenta lentement à partir de la première observation (2 février), décrut plus rapidement et enfin devint à peu près constant. Le 23 février, la *Nova* était inférieure à la 6ᵉ grandeur. Il est à remarquer que ni l'observation oculaire, ni la photographie n'ont révélé de nébulosité autour d'elle.

La couleur de l'étoile nouvelle a été caractérisée assez diversement, même par des observateurs placés dans des conditions identiques. On l'a dite jaune, jaune paille, jaune orangé, orangé prononcé, jaune rougeâtre, pourpré, pourpré rougeâtre. D'ailleurs, les astronomes de South Kensington n'ont pas constaté de modification appréciable dans la teinte; M. Kroeger, à Kiel, la décrit comme ayant passé du jaune paille foncé à l'orange, dans l'intervalle du 2 au 4 février.

Mais laissons ces détails qui n'atteignent guère que la surface de notre nouveau visiteur, et armés du spectroscope, pénétrons plus avant. Le 11 février, M. Norman Lockyer lut, devant la Société Royale de Londres, une note sur les observations faites à South Kensington, dans la nuit du mercredi 3 février, et, particulièrement, sur les deux photographies que l'on y avait prises du spectre de la *Nova.* Les trois lignes caractéristiques des spectres des nébuleuses s'y retrouvent, disait le savant physicien. Et en général, presque toutes les lignes semblent coïncider avec celles observées dans les divers types d'étoiles qui se trouvent dans la constellation du Cygne. La différence principale consiste en ce que le carbone, les hydrocarbures et le calcium se montrent dans la *Nova.* On nota encore, les jours

suivants, des coïncidences probables avec les lignes brillantes des étoiles du type de Wolf-Rayet, avec les lignes sombres des étoiles d'Orion et avec les lignes brillantes de la nébuleuse d'Orion, ainsi qu'avec celles d'étoiles temporaires observées antérieurement.

Les résultats obtenus par l'habile directeur de l'Observatoire d'astronomie physique à Postdam, M. H. C. Vogel, ne confirment pas en tous points ceux de M. Lockyer. Il a mesuré soigneusement deux raies brillantes de l'étoile nouvelle, voisines de F, et que l'on peut être tenté d'assimiler aux raies propres aux nébuleuses. Or sa conclusion est que ces deux lignes et surtout la plus faible des deux, ne sont certainement pas identiques avec les raies nébulaires. Toutes deux sont des raies chromosphériques. Cela étant, on peut se demander si la raie apparue dans le spectre de l'étoile temporaire du Cygne (1876) pendant son déclin, était véritablement une raie nébulaire; elle aussi n'était probablement qu'une raie chromosphérique. — En outre, d'après le même physicien, le spectre de notre *Nova* ne présente pas les bandes des hydrocarbures.

Bientôt surgirent les essais d'interprétation des différents faits constatés. Ils sont intéressants, esquissons-les. Tout d'abord, M. Lockyer applique à la *Nova* son hypothèse météoritique sur la formation des corps célestes. Pour lui, l'apparition de cet astre est le résultat de la collision de deux essaims de météores ou de deux comètes.

Le savant anglais relève ingénieusement dans la série des phénomènes observés plusieurs détails de nature à développer et à confirmer son système. Le spectre de l'étoile nouvelle est formé par la superposition de deux spectres distincts : comme fond, un spectre continu à raies obscures, et, par dessus, un spectre de raies brillantes déplacé, par rapport au premier, du côté le moins réfrangible. Cela veut dire, d'après M. Lockyer, qu'un essaim d'une densité modérée, et voyageant vers la Terre avec une rapidité considérable, est troublé dans sa marche par un essaim moins compact qui s'éloigne de la Terre. Les grandes agitations causées dans l'essaim condensé produisent le spectre à lignes obscures, tandis que l'essaim plus rare fournit les lignes brillantes.

Cette interprétation supposée exacte, le déplacement relatif des raies brillantes et obscures mesuré sur les photographies assigne à nos essaims une vitesse *relative* d'environ 600 milles anglais (965 kilomètres) par seconde ! Encore ne s'agit-il là que

de la composante de cette vitesse suivant le rayon visuel, la seule que nous révèle le spectroscope (1). La vitesse dans le sens du mouvement effectif nous reste entièrement inconnue. Toutefois, quelque énorme que soit le chiffre indiqué, il ne doit point trop nous surprendre ici. Car enfin, pour en rendre raison, il suffit d'attribuer à chacun des deux essaims, qui voyagent en des sens opposés entre eux, une vitesse radiale de 300 milles *par rapport à nous*. Or ne cite-t-on pas déjà l'étoile 1850 Groombridge comme animée d'une vitesse dont la composante normale au rayon visuel serait de 200 milles par seconde?

Mais la comparaison des photographies des 3, 7, 13 et 22 février ne montre aucune variation dans la situation relative des raies brillantes et des raies obscures. Il faut en conclure que le sens du mouvement des deux essaims l'un par rapport à l'autre ne se modifie pas, qu'ils n'entrent pas en révolution autour du centre de gravité de leur système, qu'ils étaient donc animés de vitesses si grandes, et que leurs masses étaient si faibles, qu'aucun des deux n'a pu capturer l'autre.

La rapide décroissance de l'éclat de la *Nova* est là d'ailleurs pour prouver que la collision n'a pu se produire qu'entre des corps de faible masse. Bien plus, le spectre continu perd en vivacité relativement aux lignes brillantes; nouvelle confirmation: car si deux corps compacts s'étaient rencontrés, les gaz produits accidentellement par l'énorme élévation de température due à la collision, se refroidiraient avant que les noyaux ne perdissent leur incandescence, et les lignes brillantes seraient les premières à s'effacer.

L'embrasement de deux corps ou amas de corps ne suffit même pas, d'après M. Vogel, à expliquer toutes les particularités du spectre de notre étoile temporaire; il en faut supposer trois. En effet, dans les tout derniers jours de février, le spectre subit de notables changements. Chacune des larges lignes brillantes $H\gamma$, h, H et H_2 montrèrent *deux* maxima très nets.

(1) On connaît le principe de ces sortes de déterminations; on l'explique par une comparaison devenue classique. Placé aux abords d'une voie de chemin de fer sur laquelle roule une locomotive, dont le sifflet émet une note connue, un physicien apprécierait la valeur et le sens de la vitesse de cette locomotive, en observant de combien la note du sifflet lui paraît haussée ou abaissée par le fait de cette vitesse. En spectroscopie astronomique, on observe de même le déplacement de raies connues dans la gamme des couleurs. Voir à ce sujet cette Revue. Ph. Gilbert, *Études récentes sur la lumière et ses applications*, juillet 1891, pp. 237 et suiv.

Qu'est-ce à dire, sinon que deux corps à spectres de lignes brillantes, qui jusqu'alors avaient marché de conserve, se séparaient et se mettaient en mouvement l'un par rapport à l'autre. Le spectre continu à raies obscures était fourni par un troisième corps.

Ce dernier acteur du drame astronomique semblait en proie à de formidables révolutions intestines. Car, tandis que se dessinaient ces deux maxima des raies brillantes, les larges raies obscures, qui leur correspondent dans le spectre continu, crevèrent, pour ainsi dire, et une ligne brillante très fine jaillit de leur milieu. Or les mesures ont prouvé que ces dernières lignes sont celles de l'hydrogène. On peut en conclure, avec une assez grande probabilité, que l'illumination centrale des larges lignes obscures révélait des éruptions gazeuses jaillissant de l'intérieur du corps qui fournissait le spectre continu avec ses raies d'absorption. — Il est bon de remarquer que de semblables illuminations apparaissent parfois dans le spectre des taches solaires.

Le peu de dispersion des photographies spectrales obtenues à Postdam ne permet pas, malgré leur remarquable netteté, de mesurer, avec une grande précision, les composantes *radiales* des vitesses de ces trois corps. Néanmoins, à titre de première approximation, on pourrait admettre qu'elles étaient de 670 kilomètres pour le corps à spectre continu et, respectivement, de —40 et de +480 pour les deux corps à raies brillantes. On sait que les valeurs positives caractérisent un mouvement de rapprochement par rapport à la Terre, les négatives, un mouvement d'éloignement.

Les dernières nouvelles reçues au sujet de l'étoile temporaire du Cocher datent de la fin de mars. Elle s'éteignait rapidement, disait-on, et son observation devenait très difficile. D'après l'Astronome royal d'Écosse, elle était, au commencement de mars, 130 fois plus brillante que le 21 du même mois. Son spectre, à cette dernière époque était à peu près continu dans toute son étendue, avec des traces seulement de raies lumineuses. Ce détail témoigne d'une analogie plus grande de notre *Nova Aurigae* avec la *Nova Coronae* qu'avec la *Nova Cygni* dont le spectre, se transformant en sens inverse, de continu qu'il était primitivement, passa peu à peu au discontinu.

Taches solaires, perturbation magnétique et aurore boréale de février 1892. Corrélation entre ces phéno-

mènes (1). – A la même époque, mais plus près de nous, s'accomplissaient d'autres phénomènes, dignes, eux aussi, de fixer notre attention. Le 5 février, apparut dans l'hémisphère austral du disque solaire, par 26° de latitude, un groupe *important* de taches, le plus considérable qui ait été observé depuis 1873. Son centre passa au méridien central le 12, et franchit le bord ouest le 19 du même mois.

Particulièrement remarquable par l'étendue de la surface perturbée et par le grand nombre de noyaux — on n'en compta pas moins de 142 — ce groupe fut visible *à l'œil nu, pendant dix jours consécutifs,* du 7 au 16. Le 13, il atteignit son développement maximum. C'était une large bande de 22° en longitude sur 10° en latitude, couvrant, d'après les photographies de Greenwich, 8736 millions de kilomètres carrés, c'est-à-dire, une surface dix-sept fois plus grande que celle de la Terre. La grande tache, centre du groupe, accusait un mouvement cyclonique marqué; son diamètre atteignit une longueur de 130″, et comme la Terre, vue du Soleil, ne mesure que 17″76, il s'ensuit que cette tache était à peu près huit fois plus large que notre planète.

L'entrée de ce grand groupe de taches sur le disque solaire

(1) Comptes rendus, t. CXIV, 1892, 15 février. Moureaux. *Perturbation magnétique des 13 et 14 février 1892.*

22 février. Mascart. *Sur la perturbation du 13-14 février*, p. 338. — J. Janssen. *Sur une tache solaire observée à l'Observatoire de Meudon du 5 au 17 février courant*, p. 389. — E. Marchand, *Relation de la perturbation magnétique du 13 au 14 février 1892 avec les phénomènes solaires*, p. 410.

7 mars. J. Fényi. *Phénomènes observés à Kalocsa sur le grand groupe de taches en février 1892*, p. 524. — Th. Moureaux. *Sur la perturbation magnétique et l'aurore boréale du 6 mars 1892*, p. 564.— H. Wild. *Sur la perturbation magnétique du 13-14 février 1892*, p. 565. — Ch. V. Zenger. *Sur les perturbations atmosphériques, magnétiques et sismiques de février 1892*, p. 562.

14 mars. Th. Moureaux. *Sur les perturbations magnétiques du 11 au 13 mars 1892*, p. 616.

21 mars. Terby. *Sur la périodicité commune aux taches solaires et aux aurores boréales*, p. 652.

Ciel et Terre, 13e année, 1er mars 1892. *Perturbation magnétique remarquable*, pp. 1-8 avec 1 planche.

16 mars. *La tache solaire de février*, p 44. — *Perturbations magnétiques*, p. 45.

L'Astronomie, 11e année. 1892, mars. *Gigantesque tache solaire, grande perturbation magnétique et aurore boréale* (2 fig.), pp. 111 et suiv.

Avril. *La grande tache solaire de février 1892* (7 fig.), pp. 141-147. — *L'aurore boréale du 13 février et la grande tache solaire. Retour de la même tache. Perturbation magnétique et aurore boréale du 6 mars 1892*, pp. 147-149.

Nature (London), t. XLV, March 24, 1892. *The Magnetic Storm of February 13-14 1892* (with chart), p. 493.

fut marquée, ainsi que sa sortie, par des phénomènes spectraux remarquables. Le R. P. J. Fényi, S. J., put les observer à l'Observatoire de Kalocsa (Hongrie) et en fit l'objet d'une communication à l'Institut de France. Citons en particulier la protubérance éblouissante qui, le 19 février, s'éleva sur le bord ouest du Soleil au point où le milieu du groupe disparaissait de l'hémisphère visible. Appuyée sur une base large de 3° environ, elle s'éleva à une hauteur de 124″ (environ 7 diamètres terrestres).

Tandis que la surface solaire était le théâtre de ces gigantesques bouleversements, l'état magnétique de notre globe se troublait à son tour, et le 13, lendemain du passage de la tache centrale au milieu du disque solaire, se déclarait une *perturbation magnétique intense*. Une note de MM. C. Lagrange et W. Prinz, de l'Observatoire royal d'Uccle, communiquée au journal *Ciel et Terre*, nous en donne les différentes phases. Ce fut d'abord, " vers 5 h. 57 m. du matin, une brusque variation négative de 3′ (vers l'est) de la déclinaison, immédiatement suivie, à 6 h., d'une variation positive de 13′; simultanément, la balance d'intensité verticale accusait un accroissement de cette intensité. Le minimum de la déclinaison a été atteint à 5 h. 15 m. de l'après-midi, par 14° 28′, et le maximum, vers 1 h. du matin, le 14. Ce dernier mouvement a été tellement considérable que le rayon lumineux de l'enregistreur a quitté la bande de papier sensible. Le prolongement des parties interrompues donne, pour la valeur de ce maximum, 17° 25′, à minuit 54 m.; l'écart, par rapport à la déclinaison moyenne (15°), aurait, d'après cela, dépassé 2°. La balance d'intensité verticale a simultanément accusé une diminution de cette intensité. La perturbation a pris fin le 14, vers 4 h. du soir. „ Elle avait donc duré 34 heures.

Et ce n'était pas là un trouble local, d'une portée comparable à celle des tremblements de terre. Les relations arrivées des divers observatoires montrent que, à tout le moins, l'hémisphère nord entier a ressenti les secousses magnétiques. Les barreaux des magnétographes d'Allemagne, d'Angleterre, de France, d'Italie, de Russie, des États-Unis, etc., en sont témoins; partout des oscillations aussi brusques qu'étendues. Seulement, tandis que les courbes relevées à Saint-Maur (Paris), Lyon, Nantes, Perpignan et ailleurs, se ressemblent à peu près comme des calques d'un même dessin, celle de Pawlowsk (Russie), entre autres, en diffère notablement. Il faut noter, en particulier, ce fait curieux que le sens de la variation initiale y fut, pour tous les

éléments, l'opposé de celui qu'on observa en France. En outre, la perturbation fut plus intense encore en Russie que dans nos régions; la variation de la composante horizontale a été de 1/37 au Parc Saint-Maur et de 1/10 à Pawlowsk : celle de la composante verticale de 1/38 à Saint-Maur, de 1/20 à Pawlowsk. Les écarts extrêmes de la déclinaison ne peuvent être comparés; ils furent si grands que, au moment où ils se produisirent, dans les deux observatoires, les images étaient sorties du champ.

Ce n'est pas tout. Pendant la nuit du 13 au 14 février, une *aurore boréale* extrêmement brillante, éclairant tout le ciel, fut observée au Canada et dans tous les États-Unis. Le ciel était mauvais en Europe; on n'y saisit que des traces fort affaiblies mais encore très reconnaissables de ce splendide phénomène. Des observateurs assez nombreux en Belgique, en France et dans les régions plus septentrionales, virent le ciel en feu, au point de faire croire d'abord à un vaste incendie qui eût éclaté dans le voisinage.

Le 3 mars, s'achevait la demi-rotation solaire comptée depuis la disparition du groupe de taches signalé tout à l'heure. Elle ramenait comme un écho des accidents solaires et terrestres de la mi-février. M. Deslandres, qui guettait le retour des taches au bord oriental, aperçut en effet une protubérance au-dessus du point où elles devaient se montrer. Il la photographia et découvrit dans son spectre des raies non rencontrées jusqu'ici dans la chromosphère, comme, par exemple, le triplet du magnésium. Le 4, la grande tache était de nouveau visible, mais son étendue était considérablement réduite.

Enfin le 6, après une période de calme relatif, troublée toutefois par quelques agitations des barreaux, une nouvelle perturbation magnétique se manifestait à Uccle et au Parc Saint-Maur et, la nuit suivante, on observait, à Paris et aux environs, une légère aurore boréale.

Depuis longtemps déjà, divers savants avaient affirmé qu'il existe une *connexion entre les taches et facules solaires* d'une part *et les perturbations magnétiques ainsi que les aurores boréales* d'autre part. En 1878, M. Ch. V. Zenger annonçait devant le Congrès international météorologique de Paris que les perturbations magnétiques, électriques et mécaniques de notre atmosphère, les courants terrestres, les tremblements de terre et les éruptions volcaniques ont une origine commune. C'est, disait-il, l'activité solaire extraordinaire et la rotation solaire qui déterminent leur période par la durée d'une demi-rotation solaire de

12, 6 jours. Certes, l'idée est d'une grandiose et attrayante unité : mais que d'observations et d'études ne demandera-t-elle pas pour être étayée solidement et mise à l'abri des attaques des contradicteurs? M. Terby considéra la question à un point de vue plus restreint; il s'occupa surtout des aurores boréales, et la règle qu'il formula en 1883 dans son Mémoire " Sur l'existence et la cause d'une périodicité mensuelle des aurores boréales „ était appuyée sur l'étude des photographies des taches solaires prises chaque jour à Kew pendant une période de grande fréquence des aurores (1869 à 1872). " Dans cette périodicité, concluait-il, se reflète la durée de la rotation solaire. „ Puis, se basant sur l'examen des perturbations magnétiques de janvier 1882 à avril 1883, il ajoutait : " Les perturbations magnétiques accompagnant les aurores boréales et se trouvant aussi sous la dépendance des taches solaires, sont probablement soumises aux mêmes vicissitudes que les aurores, et à la même périodicité „ (1). Enfin, des observations faites à Lyon, du 1er mai 1885 au 15 octobre 1886, sur le magnétisme et les taches et facules solaires, M. Marchand déduisit la loi générale suivante : " Chacun des maxima d'intensité des perturbations magnétiques coïncide sensiblement avec le passage d'un groupe de taches ou d'un groupe de facules à sa plus courte distance au centre du disque solaire „ (2).

Les savants que nous venons de citer voient dans la parfaite coïncidence des grands phénomènes de février une vérification remarquable des lois qu'ils avaient énoncées, et beaucoup d'ailleurs partagent cette opinion. Mais, à côté d'eux, un homme d'une autorité incontestable dans ces sortes de matières, M. Janssen, se déclare peu convaincu et même tout à fait sceptique. Il s'est exprimé très catégoriquement à ce sujet dans la séance du 22 février de l'Académie des sciences : " A l'égard de la question des rapports entre les phénomènes de taches solaires et les perturbations magnétiques terrestres, disent les *Comptes rendus,* M. Janssen ne voit, dans les faits constatés jusqu'ici, rien qui autorise encore à admettre cette corrélation. Cependant, comme on ne doit rien rejeter *à priori,* et que cette étude ne peut qu'être profitable aux progrès de la science, il voudrait

(1) Bulletins de l'Académie royale de Belgique, t. VI, 3e série, 1883, pp. 35-66.

(2) Comptes rendus, t. CIV, 1887, 10 janvier. E. Marchand. *Simultanéité entre certains phénomènes solaires et les perturbations du magnétisme terrestre,* pp. 133-136.

qu'on multipliât les observatoires météorologiques et magnétiques à la surface du globe, et principalement dans l'hémisphère sud, de manière à pouvoir démêler, au milieu des manifestations électriques et magnétiques, celles qui auraient un caractère général et simultané pour tout un hémisphère terrestre, car il est évident qu'il n'y a que des phénomènes de cet ordre qui peuvent être attribués à une action solaire. „ Il prie M. Mascart de bien vouloir s'informer si, pendant la production de la grande aurore observée en Amérique et en Europe, et à laquelle on doit, dit-il, attribuer les grandes perturbations magnétiques observées, il s'est manifesté quelque phénomène de cet ordre dans l'hémisphère sud. S'il était bien constaté que rien d'analogue et de simultané ne s'y est produit, on serait en possession d'un fait qui rendrait bien improbable la théorie de l'action solaire. " Il paraît, dans tous les cas, — telle est sa conclusion, — que c'est par des études et des constatations de ce genre qu'on parviendra à élucider la question, encore si obscure, de la corrélation entre les accidents de la surface solaire et les phénomènes électriques ou magnétiques terrestres „ (1).

J. D. Lucas, S. J.

(1) On consultera utilement sur cette intéressante question, outre les travaux déjà cités : cette Revue. t. XXIV (juillet 1888), *Le Soleil et le magnétisme terrestre*, par le R. P. J. Thirion, S. J., p. 635; Ciel et Terre, 9e année, novembre 1888, *Sur la périodicité mensuelle des phénomènes magnétiques*, par F. Terby, pp. 433-439.

NOTES

Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris, t. CXIV, janvier, février et mars 1892.

N° 1. **A. Richet**, membre de l'Académie, chirurgien éminent, auteur du *Traité d'anatomie médico-chirurgicale*, né le 16 mars 1816, est mort le 30 décembre 1891. **Poincaré** : La théorie fournit une solution des équations du mouvement ondulatoire, solution qui conduit à la découverte d'une longueur d'onde apparente, supérieure à la longueur d'onde normale ; la perturbation correspondante se propage avec une vitesse moindre que la vitesse normale. Dans la propagation des vibrations lumineuses, cette perturbation ne se présentera pas à cause de la petitesse de la longueur d'onde ; mais il est possible que l'on rencontre des faits analogues, quoique probablement dans des conditions beaucoup moins simples, dans le cas des ondulations hertziennes, et alors il serait nécessaire d'en tenir compte ou du moins de s'en défier. **Hermite** annonce la mort de **L. Kronecker**, correspondant de l'Académie, décédé à Berlin le 29 décembre 1891, à l'âge de 68 ans. " Notre confrère, dit-il, s'est mis au rang des grands géomètres par d'éclatantes découvertes dans la théorie des nombres qui lui assurent une gloire impérissable en associant son nom à ceux de Gauss, de Dirichlet et d'Eisenstein. Son génie s'est aussi montré dans un grand nombre de travaux concernant l'Algèbre pure, la haute Analyse, la Physique mathématique. „ Il signale ensuite en particulier les recherches de L. Kronecker sur les relations qui existent entre la théorie des formes quadratiques et la multiplication complexe des fonctions elliptiques et sa résolution de l'équation générale du cinquième degré. **Maquenne** : Les métaux alcalino-terreux sont capables de s'unir rapidement à l'azote, sous l'action de la chaleur et en l'absence complète du carbone et de ses composés. La facilité avec

laquelle cette combinaison s'effectue témoigne d'une affinité particulière de ces corps pour l'azote et peut fournir une nouvelle interprétation de la synthèse des cyanures alcalino-terreux par l'action simultanée de l'azote et du carbone sur les bases correspondantes.

N° 2. **Bouquet de la Grye** vient de publier un ouvrage intitulé : *Paris port de mer,* où il montre la haute utilité commerciale des canaux maritimes de pénétration. **Berthelot et G. André :** Les matières brunes constitutives de la terre végétale et leurs analogues ont la propriété de s'oxyder directement, en fournissant de l'acide carbonique et en tendant à se décolorer sous l'influence de l'air et de la lumière solaire. Ces réactions purement chimiques sont accomplies en dehors de l'action des microbes, auxquels on ne peut donc attribuer d'une manière exclusive la formation de l'acide carbonique aux dépens de la terre végétale. Les actions simultanées de l'oxygène et de la lumière sur les matières humiques sont rendues plus intenses, par les façons données au sol par la culture, par sa division et son ameublissement à l'aide de la bêche et de la charrue. " Ces oxydations paraissent de nature à rendre les matières humiques plus aptes à être assimilées par la végétation à laquelle elles concourent. Mais aussi les mêmes actions tendent à déterminer la destruction plus rapide des principes organiques de la vie végétale, soit sous l'influence de la végétation elle-même, soit avec le concours des microbes, qui est incontestable, soit par voie purement chimique, lorsque la terre est simplement exposée à la lumière. Il est facile, en effet, de constater l'appauvrissement du sol dans les surfaces nues exposées à la lumière, lesquelles se décolorent, émettent de l'acide carbonique et donnent lieu à la formation de composés solubles, susceptibles d'être entraînés par les eaux météoriques, dans les champs livrés à la culture, aussi bien que dans les flacons de nos laboratoires. Cette élimination progressive des matières humiques du sol explique la nécessité de leur régénération incessante, tant par la décomposition des plantes mortes que par l'addition du fumier. L'ensemble du sol arable se comporte ainsi comme un être vivant, soumis à une destruction et à un renouvellement perpétuel. „ **Berthelot** et **G. André** : Le soufre existe d'une façon constante dans la composition de la terre végétale, aussi bien que dans celle des végétaux, à l'état de principes organiques spéciaux, dont la dose l'emporte souvent de beaucoup sur celles des sulfates également renfermés dans la terre. Ces composés orga-

niques sulfurés que renferme la terre sont fort stables, et le soufre ne saurait y être dosé à moins d'une destruction totale. Dans les terres étudiées, la quantité de soufre organique dépassait parfois le tiers de la quantité d'azote et formait presque le trentième du carbone organique qui y était contenu. **A. Chatin :** Malgré quelques différences portant sur un petit nombre de composants, les Terfâs et Kamés (Truffes de l'Afrique septentrionale et de l'Asie occidentale), riches en azote autant que les Truffes, encore largement pourvus de phosphore ainsi que de potasse, et contenant, en proportions suffisantes, le soufre, l'iode, le chlore, la soude, la chaux, la magnésie, le fer et le manganèse, ont tous les attributs d'un aliment de grande valeur. **V. Jamet.** La série à termes positifs dont le terme général est u_n est convergente ou divergente s'il existe un nombre positif p tel que la racine d'ordre n^p de u_n ait une limite inférieure ou supérieure à l'unité quand n croît indéfiniment. **H. Le Chatelier** propose la théorie suivante du régel pour expliquer la formation des glaciers : La glace pulvérulente comprimée, au contact d'un liquide ou d'une vapeur moins comprimée, éprouve un surcroît de dissolution de fusion ou de vaporisation qui amène un état d'équilibre instable de sursaturation, lequel disparaîtra bientôt par la cristallisation de la glace dans les vides; cette dissolution, suivie de recristallisation, continue à se produire jusqu'au moment où, les vides ayant complètement disparu, il ne reste plus qu'un bloc compact de glace. Les raisonnements appliqués ainsi à la glace sont vrais d'un corps quelconque et peuvent expliquer le durcissement, dans le sol et à l'abri de toute évaporation, des bancs de sel gemme, de gypse, de carbonate de chaux, de grès. Des expériences de laboratoire sur le chlorure de sodium et le nitrate de soude ont confirmé l'exactitude de la théorie. **E. Branly** a fait, sur la déperdition des deux électricités, sous l'influence de rayons très réfrangibles, de nouvelles expériences qui prouvent que cette déperdition existe aussi bien pour l'électricité positive que pour l'électricité négative, mais elle est beaucoup plus lente pour la première. **J. Meunier** est parvenu à régénérer le benzène par réduction complète de l'hexachlorure de benzène. **J. Lajard :** Le langage sifflé des Canaries n'est pas un idiome spécial, ni un sifflet qui cherche à imiter la langue espagnole par des combinaisons plus ou moins compliquées, mais c'est la langue espagnole elle-même, dont l'intensité est renforcée à l'aide du sifflement. A Paris même et dans les environs, dans la plaine de Saint-Denis, il existe des rudiments de langage sifflé dont le

mécanisme est identique à celui des Canaries : ils sont employés par les bouchers et surtout par les voleurs. Pour produire le langage sifflé, on introduit les doigts dans la bouche par deux ou par quatre, ou même isolément, pour en tirer des sons aigus, en même temps que l'on parle. Il en résulte un mélange de la parole et du sifflet, où, avec quelque attention, l'auditeur finit par distinguer les mots de la langue.

N° 3. **De Quatrefages**, l'éminent anthropologiste, est mort à Paris, le 12 janvier 1892. **Airy** (sir George Biddel), né à Alnwich (Northumberland), le 27 juillet 1801, est mort le 2 janvier 1892, des suites d'une opération chirurgicale nécessitée par une chute récente. Il fut professeur à Cambridge de 1826 à 1836 et publia alors de remarquables mémoires sur l'optique et, en particulier, sur la double réfraction du quartz. De 1836 à 1881, il fut Astronome royal d'Angleterre. Il n'avait eu que six prédécesseurs : Flamsteed (1675-1719), Halley (1719-1742), Bradley (1742-1762), Bliss (1762-1764), Maskelyne (1765-1811), Pond (1811-1836). Airy a introduit à l'Observatoire de Greenwich de nouveaux instruments (grand cercle méridien, altazimuth, lunette zénithale, etc.), qui permettent d'y faire des observations plus précises et plus nombreuses. Pendant près d'un demi-siècle, il a non seulement observé, en toute occasion, le Soleil, la Lune et toutes les Planètes, mais aussi réduit, jour par jour, ces observations pour les comparer aux Tables astronomiques. **Mascart** montre, par la discussion détaillée de diverses hypothèses, combien il est difficile d'évaluer la masse totale de l'atmosphère par la pression qu'elle exerce à la surface du sol. L'observation des poussières cosmiques, des bolides et surtout des aurores polaires, conduit à estimer la hauteur de l'atmosphère au moins à 200 kilomètres et même à 500 kilomètres. Il semble aussi que l'on doive admettre que, à partir d'une certaine hauteur, la densité de l'air diminue d'une manière assez lente pour que les cristaux de glace qui constituent les nuages puissent y rester suspendus. **Painlevé** : On peut toujours reconnaître si l'intégrale d'une équation différentielle du premier ordre, algébrique par rapport à x, y, y', est une fonction transcendante qui ne prend qu'un nombre fini de valeurs autour des points critiques, ou bien on peut intégrer l'équation par une quadrature. **L. Ouvrard** a obtenu un azoture de lithium, probablement NLi_3. **Leloir** a arrêté souvent le hoquet, par une forte pression sur le nerf phrénique gauche, entre les deux attaches sterno-claviculaires du muscle sterno-cléido-mastoïdien. **P. Lesage** : Quand on arrose le *Lepidium*

sativum et le *Raphanus sativus* avec une solution de sel marin, on retrouve dans ces plantes les éléments de ce sel, en proportion anormale.

N° 4. **H. Resal**. Le ressort conique, à fibre moyenne loxodromique, c'est-à-dire coupant toutes les arêtes sous un angle constant, est préférable au ressort cylindrique. **Duclaux** : Le déplâtrage des vins par l'emploi des sels de strontiane est une pratique qu'il n'y a pas lieu d'approuver. **E. Fabry** a déterminé une courbe algébrique réelle à torsion constante. **E. Chuard** : Il existe une nitrification relativement active dans la terre de tourbe, qui permet d'espérer de bons résultats de l'emploi, comme engrais, de ce produit jusqu'ici fort peu utilisé. **A Müntz** : La richesse des eaux de pluie, en ammoniaque, au Vénézuela, est vraiment plus grande qu'en Europe, sauf dans le voisinage des grandes villes. **Lortet et Despeignes** : Les vers de terre peuvent conserver dans leur corps pendant plusieurs mois et peuvent aussi sans doute ramener à la surface du sol les bacilles de la tuberculose, parfaitement vivants, et nullement altérés dans leurs propriétés virulentes. **Ed. Nocard** est parvenu à inoculer la dourine du cheval au chien. **H. Hamy** et **Cornu**. Le halo elliptique observé autour de la Lune, le 14 janvier 1892, a été, comme plusieurs autres fois, l'avant-coureur d'une bourrasque arrivée le surlendemain sur l'Angleterre et les côtes de la Manche.

N° 5. **Janssen** : L'édicule placé au sommet du mont Blanc a supporté les intempéries de quatre mois d'hiver, sans subir aucun déplacement appréciable dû aux neiges elles-mêmes. **Violle** vient de publier la deuxième partie du tome deuxième de son Cours de physique, consacré à l'Optique géométrique. **M. Brillouin** parvient à expliquer, par la dynamique, l'origine et la translation de certains mouvements cycloniques, dans les régions tempérées, et la persistance de forme des courants généraux avec des vitesses horizontales modérées dans les régions équatoriales. **Maquenne** : Les azotures de baryum et de strontium présentent la même composition que l'azoture de magnésium et peuvent être représentés par le schéma M=N—M - N= M, où M est le métal. **A. Besson** a obtenu simultanément les trois chlorobromures de carbone CCl_3Br, CCl_2Br_2, $CClBr_3$, par action du brome sur le chloroforme à température très élevée. **A. Girard** : Parmi les bouillies cuivriques employées pour combattre la maladie des pommes de terre, la bouillie cuprosodique, la bouillie au verdet, et surtout la bouillie cuprocalcaire sucrée

de Perret sont plus efficaces que la bouillie bordelaise, parce qu'elles adhèrent plus longtemps aux feuilles et résistent mieux à la pluie. La bouillie cuprocalcaire sucrée contient, par cent litres d'eau, deux kilogrammes de chacune des substances suivantes : sulfate de cuivre, chaux vive, mélasse. **Kunchel d'Herculaïs** : Les variétés roses et jaunes du Criquet pèlerin sont les états successifs d'une seule espèce, plus ou moins rapprochée de son état adulte. **A. de Tillo**. L'ancien continent et l'Océanie ont ensemble 19 pour cent de terrains primitifs, 17 de terrains primaires, 20 de terrains secondaires, 9 de terrains tertiaires, 22 de terrains quaternaires, 10 de sables, 4 de roches éruptives modernes. Les chiffres correspondants pour l'Amérique sont 23, 19, 21, 9, 15 (pour l'Amérique du Nord seule, 27, 23, 19, 9, 7), 3, 5, et de plus 5 pour cent de glacier.

N° 6 **H. Becquerel** : La méthode optique pour la mesure des températures élevées a été imaginée par E. Becquerel avant M. H. Le Chatelier (voir aussi nos 7, 8, une discussion à ce sujet entre MM. Le Chatelier et H. Becquerel). **Berthelot** et **G. André** ont étudié la silice dans le blé de mars au point de vue de sa répartition dans la plante, aux diverses périodes de la végétation, soit sous forme soluble, soit sous forme insoluble. Les quatre cinquièmes de la terre où le blé a été semé étaient de la silice à l'état de quartz et de silicate stables. Dans la graine, il y a moins d'un millième de silice; elle y est presque en totalité à l'état de silice soluble dans les alcalis dilués et froids. Aux débuts de la végétation, il y a relativement quatre fois plus de silice dans la racine que dans la tige, mais la proportion de silice soluble est plus grande dans la tige. Un peu avant la floraison, la dose relative de silice soluble dans les alcalis a augmenté de moitié dans la tige qui ne contient presque plus de silice insoluble, elle a quadruplé dans la racine. Aux débuts de la floraison, les feuilles contiennent relativement trois fois plus de silice que la tige, cinq ou six fois de plus que l'épi; un tiers de la silice de la tige est devenue insoluble, tandis qu'il n'y en a qu'un septième dans les feuilles et pas du tout dans l'épi; la proportion de silice soluble dans les racines a beaucoup augmenté aussi. Lors de la maturation des graines, la silice s'accumule de plus en plus dans les feuilles, un tiers s'y trouvant insoluble; la tige ne contient plus que de la silice soluble, la racine contient quatre fois plus de silice que la tige, l'épi une fois et demie de plus: dans la racine et dans l'épi, un tiers de la silice est insoluble. Enfin, à la période de dessiccation, la racine a cessé d'absorber de

la silice aux dépens du sol et, par suite, sa richesse relative en silice soluble a diminué; la tige, au contraire, s'est enrichie en silice, même insoluble; les feuilles sont de plus en plus riches en silice soluble, aussi bien qu'en silice totale; l'épi est toujours la région la plus pauvre en silice, et il n'en contient que très peu d'insoluble. **A. de Monaco** : La vitesse moyenne des courants de l'Atlantique entre les Açores, l'Irlande et la Norwège est d'environ quatre milles par vingt-quatre heures, ou cinq mètres par minute. **Louis-Philippe Gilbert**, correspondant de la Section de Mécanique depuis le 3 février 1890, est mort à Louvain, le 4 février 1892. Il était né à Beauraing, le 7 février 1832. On lui doit, entre autres écrits, une étude historique très complète sur le procès de Galilée, de remarquables recherches analytiques sur la diffraction, et de beaux mémoires sur la théorie de la rotation des corps; il a inventé le *barogyroscope,* qui est le seul instrument vraiment pratique mettant en évidence le mouvement de rotation de la Terre, par rapport aux étoiles fixes. **Derrecagais** : La mesure moderne de la base de Perpignan donne 11 706,691 mètres, tandis que Delambre avait trouvé 0,297 mètre de moins, et que le calcul, en partant de la base de Paris, donne 5 centimètres de plus. **P. Painlevé** : On sait ramener algébriquement aux transcendantes définies par les quadratures ou par l'équation de Riccati les transcendantes, n'admettant dans le plan qu'un nombre fini de valeurs qui intègrent une équation quelconque du premier ordre. **Jules de Guerne** et **Jules Richard** : La faune des eaux douces de l'Islande est un mélange de la faune de la zone arctique et de la faune de la zone tempérée.

N° 7. **Berthelot** vient d'imaginer une nouvelle méthode d'analyse organique qui consiste à brûler le composé dans la bombe calorimétrique, dans l'oxygène comprimé à 25 atmosphères. La combustion est totale et instantanée, contrairement à ce qui arrive dans la combustion par l'oxyde de cuivre. Pour obtenir l'oxygène comprimé, le mieux est de le puiser dans un récipient rempli à l'avance sous la pression ordinaire et saturé d'humidité, puis de le refouler et de le comprimer dans la bombe calorimétrique. **H. Moissan** : On ne peut pas obtenir le bore pur par l'action des métaux alcalins sur l'acide borique. **L. Ollier** vient d'achever la publication de son *Traité des résections et des opérations conservatrices qu'on peut pratiquer sur le système osseux.* **S. Duplay** : Des expériences sur la transmissibilité du cancer à un animal, ou d'un animal à un animal d'une

autre espèce ont abouti à des résultats négatifs. **Maquenne** a trouvé un carbure défini de baryum, C_2Ba. **A. Girard** fait connaître les résultats de la campagne 1891, pour l'amélioration de la culture de la pomme de terre : ils confirment l'excellence des procédés culturaux qu'il recommande. **H. Quantin** : Le déplâtrage des vins se fait parfois par un procédé toxique, au moyen de sels vénéneux de baryte. **Hanriot** : Le glucose introduit dans l'organisme ne subit pas simplement une combustion, ou une transformation en glycogène, mais il est converti quantitativement en graisse avec dégagement d'acide carbonique (n° 8). Dans le diabète, cette transformation n'a pas lieu. **A. Gautier** fait observer que les recherches de M. Hanriot confirment ce que Pasteur avait dit dès 1879, touchant la vie anaérobie de certaines cellules et leur mode de fonctionnement à la façon des ferments. D'ailleurs, chez les animaux supérieurs chez lesquels un excès d'oxygène semble imprégner les tissus, les quatre cinquièmes de cet élément seuls sont apportés par l'air inspiré.

N° 8. **H. Moissan**. La poudre de magnésium, chauffée en présence d'un excès d'acide borique, fournit un mélange de bore, de borate de magnésie et de borure de magnésium. Par des lavages successifs aux acides, on élimine le borate et la majeure partie du borure. En reprenant à nouveau par l'acide borique en fusion, on oxyde ce qui reste de borure et l'on obtient après lavage le bore amorphe ne contenant plus qu'une très faible quantité d'azoture. Lorsqu'on veut éviter la présence de ces traces d'azoture de bore, on doit opérer dans l'hydrogène ou brasquer les creusets à l'acide titanique et, dans ces conditions, on prépare le bore amorphe pur. **Marcel Bertrand**. On peut reconstruire la carte géologique du fond de la mer, là où elle est venue réoccuper de grands espaces qu'elle avait abandonnés, au moins, dans le bassin de Paris et dans celui de Londres, au début des temps crétacés. Il est certain qu'il n'y a pas eu, depuis ce temps, dans nos régions de déplacements relatifs dans le sens horizontal. Par conséquent, tout point où ces sédiments reposaient sur la limite de deux terrains donnés, quels qu'aient été les mouvements ultérieurs, peut être considéré comme ayant oscillé sur une même verticale ; en joignant les points où actuellement les cartes géologiques nous montrent la même superposition, on reconstruit la courbe qui limitait les deux terrains, c'est-à-dire la carte géologique du fond de la mer crétacée. On peut déduire de cartes de ce genre l'allure des

terrains en profondeur, puis les déformations de l'écorce terrestre à une époque donnée. En appliquant cette idée nouvelle, l'auteur a reconnu dans un grand nombre de cas que les couches ont été plissées dans l'intervalle de temps, géologiquement très court, qui sépare leur émersion du retour de la mer. De plus, les plis ainsi formés sont *exactement* dans le prolongement des plis plus anciens reconnus dans les terrains primaires voisins; ils sont *exactement* dans le prolongement des plis plus récents reconnus dans les terrains tertiaires. Les plis tertiaires n'ont pas été terminés avant le début des terrains miocènes. Donc, depuis le terrain silurien jusqu'au miocène, *le ridement de l'écorce terrestre se fait d'une manière continue, et il se fait toujours aux mêmes places.* Dans les océans, on peut retrouver les lignes de plissement par l'étude des lignes d'égale profondeur. De proche en proche, l'étude des faits conduit à la conclusion suivante très générale : la Terre se déforme progressivement, en se ridant suivant un réseau de courbes orthogonales, les premières circumpolaires, les secondes convergeant vers les régions polaires. Quant à la formation des montagnes, elle constitue un épisode exceptionnel de la déformation de l'écorce, correspondant à une rupture plus ou moins brusque d'équilibre, pendant laquelle les plissements plus accentués épousent alternativement et en zigzag des courbes des deux réseaux orthogonaux. Tous ces faits s'expliquent dans la théorie du refroidissement. Il ne semble pas d'ailleurs que les lignes de déformation s'ordonnent autour des pôles, mais à peu près autour des pôles magnétiques, comme s'ils avaient été autrefois les extrémités de l'axe terrestre. S'il en est réellement ainsi, une vérification géodésiqne semble possible; de plus, il semble qu'il faille chercher l'origine du magnétisme terrestre dans le travail continu de déformation de notre globe. **L. Autonne** indique un moyen de trouver le maximum du degré d'une intégrale algébrique d'une équation différentielle du premier ordre. **A. Witz** a prouvé expérimentalement que, dans les chaudières à vapeur, il n'y a pas réalisation, sur les tôles rougies, de l'état sphéroïdal souvent indiqué comme cause d'explosion; mais la vaporisation y est d'une activité qui mérite d'attirer l'attention des physiciens et des ingénieurs. **A. Certes**. Le microbe, qui est le facteur essentiel du cycle vital, le grand artisan des fermentations et de la putréfaction et a aussi pour rôle de ramener finalement les matières organiques à leurs principes immédiats, le microbe

résiste à la dessiccation prolongée et se retrouve partout. Il en est de même de beaucoup d'organismes microscopiques d'eau douce, d'une taille supérieure à celle des microbes proprement dits. Le repeuplement des mares, des lacs et des chotts est donc assuré après comme avant les sécheresses prolongées auxquelles ils sont exposés, malgré la température développée par un soleil torride et quelle que soit la composition chimique des eaux. Rien de pareil ne se produit pour les espèces marines qui, en général, n'ont jamais à subir l'épreuve d'une dessiccation prolongée : l'enkystement, si fréquent chez les infusoires d'eau douce, est exceptionnel chez les infusoires marins.

N° 9. **S. Lie** signale les erreurs de Helmholtz et de Killing dans leurs études sur les fondements de la Géométrie et fait ressortir, à ce propos, la nécessité de recourir, dans cette étude, à la théorie des groupes continus. **N. Piltschikoff** a vérifié expérimentalement la loi suivante, pressentie par A. Cornu : la proportion de lumière polarisée est sensiblement la même la nuit que le jour. Il a trouvé aussi que la proportion de lumière polarisée dans le ciel de nuit est nulle à la nouvelle lune, maxima à la pleine lune, croissante de la nouvelle lune à la pleine lune, décroissante de la pleine lune à la nouvelle lune. **H. Le Chatelier**. Les températures développées dans les foyers industriels sont moins élevées qu'on ne le croit généralement. **A. Recoura** a trouvé trois nouveaux acides, qu'il appelle chromosulfuriques ; on les obtient en ajoutant directement ou indirectement une, deux ou trois molécules d'acide sulfurique, à un singulier isomère du sulfate de sesquioxyde de chrome, $Cr_2 3\,SO_4$, isomère qui n'a ni les propriétés d'un sulfate, ni celles d'un sel de chrome.

N° 10. **Jurien de la Gravière,** membre à la fois de l'Académie française et de l'Académie des sciences, auteur d'un grand nombre d'ouvrages sur l'histoire de la Marine, est mort à Paris, le 5 mars 1892, âgé d'environ 76 ans. **Berthelot** et **G. André.** La fermentation du sang défibriné donne pour produits de l'acide carbonique, de l'ammoniaque, des acides gras volatils et des principes azotés fixes. L'acide carbonique et l'ammoniaque régénérés sont à équivalents égaux, c'est-à-dire qu'il s'est formé du carbonate d'ammoniaque, ce qui tendrait à assimiler la décomposition des principes protéiques du sang, pour les deux tiers de leur poids moléculaire, à la décomposition des uréides. Les acides gras volatils sont assimilables à ceux d'une fermentation butyrique, mais sans dégagement d'hydrogène. Tout le

carbone et l'azote du sang défibriné se retrouvent dans les produits de la fermentation; mais l'hydrogène et l'oxygène se retrouvent avec excès et, dans cet excès, ces deux éléments sont dans la même proportion que dans l'eau. Pour chaque molécule d'ammoniaque formée, il y a sensiblement fixation de deux molécules d'eau, ce qui est le rapport caractéristique des nitriles. **J. Fényi** décrit les phénomènes extraordinaires observés dans le Soleil, en février 1892, lors de l'apparition de grandes taches sur le disque. Des perturbations magnétiques terrestres concomitantes ont été signalées par d'autres observateurs. La surface perturbée sur le disque solaire avait une largeur égale à 1/7 de celle du disque (**Janssen,** n° 8). **A. Besson** fait connaître les combinaisons $BBr_3 4NH_3$, $BI_3 5NH_3$. **De Sparre** fait connaître deux cas où la projection horizontale d'un point soumis à une force verticale et se mouvant sur une surface a des points d'inflexion.

N° 11. **L. Lalanne**, l'inventeur des abaques pour représenter graphiquement les fonctions de deux variables, vient de mourir. **Ranvier**: Tandis que chez les Mammifères l'appareil vasculaire peut être considéré comme formé de trois systèmes distincts (artériel, veineux, capillaire), ayant chacun sa structure et son mode de développement, chez les batraciens, les capillaires semblent une dépendance du système veineux. **Joannis** fait connaitre les alliages suivants : PbNa, Pb_2K, $BiNa_3$, $SbNa_3$. **J.-P. Morat** maintient contre Vedensky l'existence de nerfs centrifuges inhibiteurs, dits nerfs d'arrêt.

N° 12. **H. Moissan** conclut ainsi une étude sur le bore amorphe : Le bore se combine avec plus de facilité aux métalloïdes qu'aux métaux ; il a une grande affinité pour le fluor, le chlore, l'oxygène et le soufre. C'est un réducteur plus énergique que le carbone et le silicium, car il déplace au rouge l'oxygène de la silice et celui de l'oxyde de carbone ; il permettra vraisemblablement des réductions plus faciles que celles qui ont été obtenues jusqu'à présent par le charbon. Son action sur les oxydes métalliques facilement réductibles par le charbon est très violente ; il réagit de même avec beaucoup de facilité sur un grand nombre de sels; enfin il ne se combine directement à l'azote qu'à une température très élevée. Par l'ensemble de ses propriétés, le bore se rapproche nettement du carbone. Le bore amorphe est une poudre de couleur marron clair amorphe, agglomérable par pression, de densité 2,45, infusible même dans l'arc électrique, d'une conductibilité électrique très faible. **A. Gautier** a prouvé

expérimentalement que la transformation si rapide du raisin vert en raisin mûr et vermeil se fait par émigration, des feuilles vers les grains, de matières chromogènes qui s'y unissent à de nouveaux radicaux carbonés et s'y oxydent. La coloration automnale des feuilles de beaucoup de végétaux provient de matières chromogènes analogues qui n'ont pu émigrer en totalité dans les fruits et s'y sont oxydées peu à peu. Elle ne provient pas d'altérations successives de la chlorophylle. **Levasseur**. La population par kilomètre carré, à la fin de 1890, est 95 dans l'Europe occidentale (France 72, Luxembourg 76, Grande Bretagne et Irlande 120, Hollande 139, Belgique 206), 77 dans l'Europe occidentale (Allemagne 91, Suisse 70, Autriche-Hongrie 66), 50 dans l'Europe méridionale (Italie 105, Espagne 34, Portugal 34, Turquie 31), 18 dans la Russie, 9 dans les pays scandinaves (Danemark 16, Norwège 6, Suède 11). **F. Terby** a signalé, dès 1883, la périodicité commune aux taches solaires et aux aurores boréales. **E. Carvallo** a vérifié expérimentalement une loi de H. Becquerel sur l'absorption cristalline et en tire une autre loi qui force à modifier l'hypothèse de Fresnel sur l'incompressibilité de l'éther ; la loi de Becquerel est d'ailleurs incompatible avec la théorie de Neumann. **E. Cartailhac**. On a retrouvé en Égypte des faucilles en silex, de date certaine (un peu plus de 3000 ans avant notre ère), identiques à celles d'Hissarlik (ou Troie) avant l'arrivée de la population lydienne, de Santorin à l'époque des vases grecs les plus archaïques, enfin à celles qui ont été mises au jour en Espagne dans les fouilles de MM. Siret, en Murcie.

N° 13. **Faye**. D'après Helmert, les observations faites à Berlin, Prague, Strasbourg, Honolulu prouvent qu'un mouvement de l'axe terrestre engendre réellement une variation périodique de la latitude. **Levasseur**. La population (en millions d'âmes) et la superficie (en millions de kilomètres carrés) sont respectivement: pour l'Europe, 360 et 10 ; pour l'Océanie, 38 et 11,1; pour l'Afrique, 153 et 30,5 ; pour l'Asie, 824 et 42,2 ; pour l'Amérique du Nord, 88 et 23,7; pour l'Amérique du Sud, 34 et 18,7; pour la Terre, 1497 et 136,2. **A. Laboulbène**. Les galles végétales sont produites par des substances liquides spéciales sortant du corps des animaux ou des végétaux galligènes; les piqûres ou incisions ne peuvent produire une excroissance végétale durable. **H. Le Chatelier**. La température effective du Soleil est, à mille degrés près, 7600 degrés. **A. de Caligny**, Correspondant de l'Académie, auteur de nombreux appareils pour utiliser la force de la marée, est mort le 24 mars 1892.

P. Mansion.

TABLE DES MATIÈRES

DU

PREMIER VOLUME (DEUXIÈME SÉRIE)

TOME XXXI DE LA COLLECTION.

LIVRAISON DE JANVIER 1892.

La Société scientifique de Bruxelles, par **M. Ph. Gilbert.** 5

Microbes et hygiène : la prophylaxie des maladies infectieuses, par **M. le Dr Mœller.** 14

Éphémérides planétaires des Chaldéens, par le **R. P. J.-D. Lucas, S. J.** 50

La production artificielle du froid, par **M. Aimé Witz** . 78

Les acridiens ravageurs, par le **R. P. Fr. Dierckx, S. J.** 100

Quelques réflexions au sujet des théories physiques, par **M. P. Duhem.** 139

Les axolotls et leur métamorphose, par le **R. P. G. Hahn, S. J.** 178

Bibliographie. — I. Annales de la Société scientifique de Bruxelles : sommaires des tomes XIII et XIV 206

II. Annuaire de l'Observatoire municipal de Montsouris pour 1891. **Jean d'Estienne** 209

III. Manuel pratique d'analyse bactériologique des eaux, par le Dr Miquel. **Jean d'Estienne** 213

IV. Instructions météorologiques, par A. Angot. Troisième édition. **Jean d'Estienne** 216

V. Leçons de physique générale, par James Chappuis et Alphonse Berget. **M. Aimé Witz.** 218

VI. Galilée et la Belgique, essai historique sur les vicissitudes du système de Copernic en Belgique, par le Dr Georges Monchamp. **R. P. V. Schaffers, S. J.** 220
VII. Cours élémentaire d'algèbre, par l'abbé F. Verhelst. Tome deuxième. **M. H. Gelin** 226
VIII. La Fortification de l'avenir d'après les auteurs anglais, par le général Brialmont. **M. F. Van Ortroy** . . . 228
IX. Cours élémentaire de géologie stratigraphique, par Ch. Vélain. Quatrième édition. **C. de l. V. P.** 235
X. La Creación según que se contiene en el primer capitulo del Génesis, por el P. Juan Mir y Noguera, S. J. Segunda edicion. **T.-J. J.-S.** 239
XI. Introduction à l'étude des systèmes de mesures usités en physique, par Pionchon. **M. L. L. Godard.** 245
XII. Traité de géométrie, par E. Rouché et Ch. de Comberousse. Sixième édition. **M. P. Mansion.** 250
XIII. Encyclopédie des travaux publics : 1° Hydraulique, par A. Flamant ; — 2° Restauration des montagnes, par E. Thiéry, avec une introduction de M. Lechalas ; — 3° Architecture et constructions civiles, par J. Denfer. **M. M. d'Ocagne.** 261
XIV. Traité d'analyse, par H. Laurent. Tomes VI et VII. **M. M. d'Ocagne.** 274
XV. Enquête sur les habitations ouvrières de la ville de Bruxelles en 1890, par Ch. Lagasse et Ch. De Quéker ; — Plans d'une maison de journalier et d'une maison de jardinier, par Ch. Lagasse-De Locht. **M. Éd. Van der Smissen.** 277
XVI. Études sur la manipulation des matières textiles animales et végétales, par P. F. Levaux. **J. L.** 280

REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES.

GÉOLOGIE ET MINÉRALOGIE, par **M. X. Stainier.** 289
CHIMIE, par le **R. P. Fr. Dierckx, S. J.** 298
GÉOGRAPHIE, par **M. F. Van Ortroy.** 309
CHRONIQUE AGRICOLE, par **Agricola** 326
SYLVICULTURE, par **M. C. de Kirwan.** 335

NOTES. — Comptes rendus de l'Académie des sciences. **M. Paul Mansion.** 341
UNE RECTIFICATION, par le **R. P. A. J. Delattre, S. J.** . 352

LIVRAISON D'AVRIL 1892.

TEMPÉRATURE ET THERMOMÈTRES, par le **R. P. J. Thirion, S. J.** 353

NOTATION ATOMIQUE ET HYPOTHÈSES ATOMISTIQUES, par **M. P. Duhem.** 391

LA FAUNE DU CHAN-TOUNG (CHINE), par **M. A.-A. Fauvel.** . 455

LES BANTOUS, ESSAI DE LINGUISTIQUE ET D'ETHNOGRAPHIE AFRICAINES, par le **R. P. J. Van den Gheyn, S. J.** 493

LA MÉTALLURGIE DE L'ALUMINIUM, par le **R. P. Fr. Dierckx, S. J.** 530

UNE HISTOIRE DES RACES HUMAINES, d'après le Dr R. Verneau, par **M. l'abbé D. Le Hir.** 562

BIBLIOGRAPHIE. — I. Annuaire du Bureau des Longitudes pour l'an 1892. **Jean d'Estienne.** 579

II. Age de la pierre, par Philippe Salmon ; — L'homme dans la nature, par Paul Topinard. **Jean d'Estienne** . . 594

III. Cours de physique mathématique. Thermodynamique, par H. Poincaré. **M. P. Duhem.** 603

IV. La Vie et l'Hérédité, par P. Vallet. M. le **Dr A. Goix.** 607

V. Étude expérimentale calorimétrique de la machine à vapeur, par Dwelshauvers-Dery. **M. Paul Daubresse.** 615

VI. Annuaire de l'Observatoire royal de Belgique, par F. Folie. **J. T.** 618

LOUIS-PHILIPPE GILBERT, par **M. P. Mansion.** 620

LISTE DES PUBLICATIONS DE LOUIS-PHILIPPE GILBERT, par **M. P. Mansion.** 628

REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES.

GÉOLOGIE, par **M. A. de Lapparent.** 642

SCIENCES INDUSTRIELLES, par **M. J.-B. André** 648

ASTRONOMIE, par le **R. P. J.-D. Lucas, S. J.** 659

NOTES. — Comptes rendus de l'Académie des sciences. **M. Paul Mansion.** 681

BRUXELLES. — IMPRIMERIE POLLEUNIS ET CEUTERICK

37, RUE DES URSULINES, 37

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. cath., c. IV.

Tome XXXI.

DEUXIÈME SÉRIE

TOME I. — JANVIER 1892

(SEIZIÈME ANNÉE ; TOME XXXI DE LA COLLECTION)

BRUXELLES

SOCIÉTÉ BELGE DE LIBRAIRIE

SOCIÉTÉ ANONYME (**Ancienne Maison Goemaere**)

16, RUE TREURENBERG, 16

LIVRAISON DE JANVIER 1892.

I. — LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES, par **M. Ph. Gilbert,** p. 5.

II. — MICROBES ET HYGIÈNE : LA PROPHYLAXIE DES MALADIES INFECTIEUSES, par **M. le Dr Mœller,** p. 14.

III. — ÉPHÉMÉRIDES PLANÉTAIRES DES CHALDÉENS, par le **R. P. J. D. Lucas, S. J.,** p. 50.

IV. — LA PRODUCTION ARTIFICIELLE DU FROID, par **M. Aimé Witz,** p. 78.

V. — LES ACRIDIENS RAVAGEURS, par le **R. P. Fr. Dierckx, S. J.,** p. 100.

VI. — QUELQUES RÉFLEXIONS AU SUJET DES THÉORIES PHYSIQUES, par **M. P. Duhem,** p. 139.

VII. — LES AXOLOTLS ET LEUR MÉTAMORPHOSE, par le **R. P. G. Hahn, S. J.,** p. 178.

VIII. — BIBLIOGRAPHIE. — I. Annales de la Société scientifique de Bruxelles : sommaires des tomes XIII et XIV, p. 206. — II. Annuaire de l'Observatoire municipal de Montsouris pour 1891. **Jean d'Estienne,** p. 209. — III. Manuel pratique d'analyse bactériologique des eaux, par le Dr Miquel. **Jean d'Estienne,** p. 213. — IV. Instructions météorologiques, par A. Angot Troisième édition. **Jean d'Estienne,** p. 216. — V. Leçons de physique générale, par MM. James Chappuis et Alphonse Berget. **M. Aimé Witz,** p. 218. — VI. Galilée et la Belgique, essai historique sur les vicissitudes du système de Copernic en Belgique, par le Dr Georges Monchamp. **R. P. V. Schaffers, S. J.,** p. 220. — VII. Cours élémentaire d'algèbre, par l'abbé F. Verhelst. Tome deuxième. **M. H. Gelin,** p. 226. — VIII. La Fortification de l'avenir d'après les auteurs anglais, par le général Brialmont. **M. F. Van Ortroy,** p. 228. — IX. Cours élémentaire de géologie stratigraphique, par Ch. Vélain. Quatrième édition. **C. de l. V. P.,** p. 235. — X. La Creación según que se contiene en el primer capítulo del Génesis, por el P. Juan Mir y Noguera, S. J. Segunda edicion. **T.-J. J.-S.,** p. 239. — XI. Introduction à l'étude des systèmes de mesures usités en physique, par Pionchon. **M. L. L. Godard,** p. 245. — XII. Traité de géométrie, par E. Rouché et Ch. de Comberousse. Sixième édition. **M. P. Mansion,** p. 250. — XIII. Encyclopédie des travaux publics : 1° Hydraulique, par A. Flamant ; — 2° Restauration des montagnes, par E. Thiéry, avec une Introduction de M. Lechalas ; — 3° Architecture et constructions civiles, par J. Denfer. **M. M. d'Ocagne,** p. 261. — XIV. Traité d'analyse, par H. Laurent. Tomes VI et VII. **M. M. d'Ocagne,** p. 274. — XV. Enquête sur les habitations ouvrières de la ville de Bruxelles en 1890, par Ch. Lagasse et Ch. De Quéker ; — Plans d'une maison de journalier et d'une maison de jardinier, par Ch. Lagasse-De Locht. **M. Ed. Van der Smissen,** p. 277. — XVI. Études sur la manipulation des matières textiles animales et végétales, par P. F. Levaux. **J. L.,** p. 280.

IX. — REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES. — Géologie et minéralogie, par **M. X. Stainier,** p. 289. — Chimie, par le **R. P. Fr. Dierckx, S. J.,** p. 298. — Géographie, par **M. F. Van Ortroy,** p. 309. — Chronique agricole, par **Agricola,** p. 326. — Sylviculture, par **M. C. de Kirwan,** p. 335.

X. — NOTES. — Comptes rendus de l'Académie des sciences. **M. P. Mansion,** p. 341.

Une rectification, par le **R. P. A. J. Delattre, S. J.,** p. 352.

Prière d'adresser tout ce qui concerne la rédaction, ainsi que les ouvrages envoyés pour comptes rendus ou offerts à la Société scientifique de Bruxelles, à M. Ch. GEORGE, 11, rue des Récollets, Louvain.

Société belge de Librairie, 16, rue Treurenberg, Bruxelles

DICTIONNAIRE DES OUVRAGES
ANONYMES ET PSEUDONYMES

publiés par des religieux de la Compagnie de Jésus

par Carlos SOMMERVOGEL, S. J.

2 volumes in-8° (ensemble 700 pages à 2 colonnes). Prix : **15** fr.

BLIBLIOTHECA MARIANA

de la Compagnie de Jésus

PAR CARLOS SOMMERVOGEL, S. J., Strasbourgeois

1 volume in-8° de 250 pages. Prix : **6** *fr.*

CATALOCUS CODICUM HAGIOGRAPHICORUM
LATINORUM ANTIQUIORUM SÆCULO XVI
qui asservantur in Bibliotheca Nationali
PARISIENSI
ediderunt Hagiographi Bollandiani
3 volumes in-8° : **45** fr.

CATALOGUS CODICUM HAGIOGRAPHICORUM
latinorum Bibliothecæ Regiæ
BRUXELLENSIS
(Excerptus ex *Analectis Bollandianis)*
2 volumes in-8° : **20** fr.

TRÉSOR DE CHRONOLOGIE
D'HISTOIRE ET DE GÉOGRAPHIE
POUR L'ÉTUDE ET L'EMPLOI DES DOCUMENTS DU MOYEN AGE
par M. le Comte de MAS-LATRIE
MEMBRE DE L'INSTITUT
1 fort vol. in-f° bollandien de plus de 2400 col.
PRIX : **100** FR.

HISTOIRE UNIVERSELLE
DE L'ÉGLISE CATHOLIQUE
par ROHRBACHER
Nouvelle édition (1890) par M. l'abbé Guillaume
PUBLIÉE AVEC DES NOTES ET ÉCLAIRCISSEMENTS D'APRÈS LES DERNIERS TRAVAUX
13 vol. in-4° (chacun d'environ 600 p.)
PRIX : **90** FR.

ACTA SANCTORUM
JOANNES BOLLANDUS, GODEFRIDUS HENSCHENIUS
SOCIETATIS JESU THEOLOGI

1re série : Réimpression de l'édition originale d'Anvers, 54 volumes in-folio, d'environ 1000 p. à 2 colonnes chacun, avec les gravures de la première édition. Prix par volume : **50** francs. — Ouvrage terminé, complet : **2700** fr. — **2e série**, par les nouveaux Bollandistes continuant l'édition d'Anvers. — 11 tomes en 10 volumes in-folio, parus. Prix par volume : **75** fr.

(De nouveaux volumes sont en préparation ; on souscrit dès à présent au prix de **75** *fr. le vol.)*

VIENT DE PARAITRE

LE DEUXIÈME FASCICULE DU

DICTIONNAIRE DE LA BIBLE

CONTENANT

tous les Noms de personnes, de Lieux, de Plantes, d'Animaux mentionnés dans les Saintes Écritures, les Questions théologiques, archéologiques, scientifiques, critiques, relatives à l'Ancien et au Nouveau Testament, et des Notices sur les commentateurs anciens et modernes avec de nombreux Renseignements bibliographiques.

Ouvrage orné de cartes, de plans, de vues des lieux, de reproductions de médailles antiques, de fac-similé de manuscrits, de reproductions de peintures et de bas-reliefs assyriens, égyptiens, phéniciens, etc.

publié par F. VIGOUROUX, Prêtre de Saint-Sulpice

AVEC LE CONCOURS D'UN GRAND NOMBRE DE COLLABORATEURS

Ce dictionnaire comprendra :

1° *Tous les noms de personnes* contenus dans l'Ancien et le Nouveau Testament. A côté de la forme de la Vulgate sera reproduite la forme hébraïque ou grecque. Chaque article renfermera tout ce que l'Ecriture ou les sources extra-bibliques nous apprennent sur le personnage en question, avec renvois aux sources, soit sacrées, soit profanes. On y trouvera une appréciation du caractere, des actes, du rôle et des écrits de celui dont on fait la biographie. Chaque article important sera terminé par une bibliographie.

2° *Tous les noms de lieux mentionnés dans l'Ecriture.* Dans chaque article, on mentionnera l'état ancien et moderne de la localité avec les renseignements les plus précis; puis on en fera l'histoire complète relativement à l'Ecriture Sainte. Enfin, on indiquera les principaux auteurs qui ont décrit ces lieux.

3° *L'histoire naturelle de la Bible*, c'est-à-dire les noms de plantes et d'animaux mentionnés dans les Saintes Ecritures. A côté du nom français, on indiquera le nom hébreu, avec lequel correspond le nom de la Vulgate. Viendront ensuite la description de la plante ou de l'animal et l'indication de tous les passages de l'Ecriture qui s'y rapportent.

4° *Chacun des livres de l'Ancien et du Nouveau Testament* aura un article spécial dans lequel on expliquera le nom du livre, puis on examinera quel en est l'auteur, et quand il a été composé (authenticité et véracité). On fera l'histoire du texte, on en donnera l'analyse, on répondra aux difficultés de tout genre auxquelles cet écrit a donné lieu, et on indiquera les principaux commentaires.

5° *Toutes les questions théologiques, archéologiques, scientifiques et critiques* relatives aux Ecritures seront traitées dans un article spécial, qui contiendra un résumé clair et complet des connaissances actuelles sur le sujet.

6° *De courtes notices sur les principaux commentateurs anciens et modernes,* chrétiens, juifs et hétérodoxes, donneront la biographie du personnage, l'énumération de ses écrits exégétiques avec une appréciation critique, et l'indication des monographies qui pourraient fournir des renseignements sur le commentateur.

7° *Les renseignements bibliographiques* qui suivent chaque article seront aussi complets que possible, de manière à faciliter les recherches de ceux qui voudraient faire des études particulières.

Les illustrations, choisies avec le plus grand soin, seront puisées aux sources les plus sûres; les monuments modernes, les villes, les sites seront reproduits d'après les photographies les plus récentes. La partie géographique sera tout spécialement soignée: de nombreuses cartes, des plans, dressés par M. Thuillier d'après les meilleures sources françaises, anglaises et allemandes, accompagneront le texte.

Un prospectus spécial avec spécimen du texte sera adressé sur demande.

CONDITIONS ET MODE DE PUBLICATION. — Le Dictionnaire paraîtra par fascicules de 160 pages (320 colonnes représentant la valeur de 4 volumes in-12 de 300 pages). — Deux cartes simples, ou une carte double, ou une gravure en couleur, tiendront lieu de 16 pages de texte. — Le prix de chaque fascicule sera de **5 fr.** pour les souscripteurs à l'ouvrage complet. Les fascicules ne se vendent point séparément.

S'adresser à la Société belge de Librairie, 16, rue Treurenberg, Bruxelles

Imp. Polleunis & Ceuterick, rue des Ursulines 37.

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. cath., c. IV.

DEUXIÈME SÉRIE

TOME I. — AVRIL 1892

(SEIZIÈME ANNÉE ; TOME XXXI DE LA COLLECTION)

BRUXELLES

SOCIÉTÉ BELGE DE LIBRAIRIE

SOCIÉTÉ ANONYME (**Ancienne Maison Goemaere**)

16, RUE TREURENBERG, 16

LIVRAISON D'AVRIL 1892.

I. — TEMPÉRATURE ET THERMOMÈTRES, par le **R. P. J. Thirion, S. J.,** p. 353.

II. — NOTATION ATOMIQUE ET HYPOTHÈSES ATOMISTIQUES, par **M. P. Duhem,** p. 391.

III. — LA FAUNE DU CHAN-TOUNG (CHINE), par **M. A.-A. Fauvel,** p. 455.

IV. — LES BANTOUS, ESSAI DE LINGUISTIQUE ET D'ETHNOGRAPHIE AFRICAINES, par le **R. P. J. Van den Gheyn, S. J.,** p. 493.

V. — LA MÉTALLURGIE DE L'ALUMINIUM, par le **R. P. Fr. Dierckx, S. J.,** p. 530.

VI. — UNE HISTOIRE DES RACES HUMAINES, d'après le Dr R. Verneau, par **M. l'abbé D. Le Hir,** p. 562.

VII. — BIBLIOGRAPHIE. — I. Annuaire du Bureau des Longitudes pour l'an 1892. **Jean d'Estienne**, p. 579. — II. Age de la pierre, par Philippe Salmon ; — L'Homme dans la nature, par Paul Topinard. **Jean d'Estienne**, p. 594.— III. Cours de physique mathématique. Thermodynamique, par H. Poincaré. **M. P. Duhem**, p. 603. — IV. La Vie et l'Hérédité, par P. Vallet. **M. le Dr A. Goix**, p. 607. — V. Étude expérimentale calorimétrique de la machine à vapeur, par V. Dwelshauvers-Dery. **M. Paul Daubresse**, p. 615. — VI. Annuaire de l'Observatoire royal de Belgique, par F. Folie. **J. T.**, p. 618.

VIII. — LOUIS-PHILIPPE GILBERT, par **M. P. Mansion**, p. 620. — LISTE DES PUBLICATIONS DE LOUIS-PHILIPPE GILBERT, par **M. P. Mansion**, p. 628.

IX. — REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES. — Géologie, par **M. A. de Lapparent**, p. 642. — Sciences industrielles, par **M. J.-B. André**, p. 648. — Astronomie, par le **R. P. J.-D. Lucas, S. J.**, p. 659.

X. — NOTES. — Comptes rendus de l'Académie des sciences. **M. P. Mansion**, p. 681.

Prière d'adresser tout ce qui concerne la rédaction, ainsi que les ouvrages envoyés pour comptes rendus ou offerts à la Société scientifique de Bruxelles, à M. Ch. GEORGE, 11, rue des Récollets, Louvain.

LES ORIGINES

DE LA

CIVILISATION MODERNE

PAR

GODEFROID KURTH

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ DE LIÉGE

Ouvrage couronné par l'Académie royale de Belgique

Vivat qui Francos diligit Christus !

PROLOGUE DE LA LOI SALIQUE.

Troisième édition. — Deux beaux volumes in-12. Prix : 7 francs.

Il est des livres dont la lecture est à la fois un devoir pour tous et un charme. L'ouvrage de M. Kurth est de ceux-là.

L'Académie s'est honorée en couronnant ce beau travail de l'éminent professeur de l'Université de Liége.

M. Kurth est un de nos plus brillants écrivains : poète, philosophe, historien, l'auteur a concentré tous ses talents et toute sa science dans ce livre, qui est véritablement un chef-d'œuvre.

L'ouvrage débute par une magistrale introduction.

L'auteur y étudie le véritable sens de ce mot dont on abuse souvent : la civilisation. Il nous montre qu'il n'y a jamais eu dans le monde ancien, même au sein des grandeurs splendides de Rome, de véritable civilisation. Le Christianisme seul a pu faire naître un monde civilisé, dans le sens exact de ce terme. Et au fur et à mesure que le rationalisme moderne s'éloigne de la révélation chrétienne, il s'écarte aussi de la vraie civilisation pour retourner dans une proportion plus ou moins grande aux idées et aux mœurs de la barbarie.

Le livre lui-même s'ouvre sur une description magnifique de la grandeur de l'empire romain et de sa prompte décadence.

En face se dresse le monde germanique. Entre ces deux puissances, l'Église commence dans les douleurs de la persécution son existence tant de fois menacée et pourtant de jour en jour plus prospère et plus forte. Tel est l'objet des trois premiers chapitres.

Puis vient la chute de l'Empire romain en Occident. Pendant que ce drame s'achève, les progrès de l'Église continuent. De l'autre côté cependant l'empire lamentable de Byzance s'établit. Mais voici, pour augmenter cette crise terrible, les invasions des Barbares et la fondation des royaumes ariens. Quatre chapitres sont consacrés à ces épisodes tragiques.

L'auteur y déploie un talent merveilleux et une largeur de conception et de style qu'on ne peut trop admirer.

« Cet ouvrage, dit un critique français, M. Albert Desplagnes, est un des grands travaux de notre siècle, et je dois le dire immédiatement, un des plus beaux, un des plus vrais. Notre siècle a produit en France sur ce sujet les travaux de Guizot, d'Ozanam, d'Augustin et d'Amédée Thiéry, etc. Nous connaissons la valeur de ces ouvrages, et nous croyons que le travail publié par M. Kurth est supérieur à tous.

» M. Kurth, qui a évidemment fait des recherches aussi complètes que ses devanciers, les dépasse généralement par la méthode, l'abondance des renseignements, la précision des idées, la sûreté des opinions et la doctrine. Son talent a plus d'ensemble, plus de vie, plus de relief, plus de naturel. »

GAUTHIER-VILLARS & Fils
IMPRIMEURS-ÉDITEURS
Quai des Grands-Augustins, 55

G. MASSON, Éditeur
LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
Boulevard Saint-Germain, 120

PARIS

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

publiée sous la direction de **M. H. LÉAUTÉ**, Membre de l'Institut.

300 VOLUMES ENVIRON, PETIT IN-8°, PARAISSANT DE MOIS EN MOIS
Il sera publié 30 à 40 volumes par an

Chaque volume est vendu séparément : Broché, **2** fr. **50**. — Cartonné, toile anglaise, **3** fr.

Le prospectus général de l'Encyclopédie est envoyé franco sur demande.

Cette publication, qui se distingue par son caractère pratique, reste cependant une œuvre hautement scientifique.

Embrassant le domaine entier des Sciences appliquées, depuis la Mécanique, l'Électricité, l'Art de l'Ingénieur, la Physique et la Chimie industrielles, etc., jusqu'à l'Agronomie, la Biologie, la Médecine, la Chirurgie et l'Hygiène, elle se compose d'environ 300 volumes petit in-8°.

Chacun d'eux, signé d'un nom autorisé, donne, sous *une forme condensée*, l'état précis de la Science sur la question traitée et toutes les indications pratiques qui s'y rapportent.

La publication est divisée en deux sections : **Section de l'Ingénieur**, **Section du Biologiste**, qui paraissent simultanément depuis février 1892 et se continuent avec rapidité et régularité de mois en mois.

Les Ouvrages qui constitueront ces deux séries permettront à l'Ingénieur, au Constructeur, à l'Industriel, d'établir un projet sans reprendre la théorie; au Chimiste, au Médecin, à l'Hygiéniste, d'appliquer la technique d'une préparation, d'un mode d'examen ou d'un procédé sans avoir à lire tout ce qui a été écrit sur le sujet. Chaque volume se termine par une Bibliographie méthodique permettant au lecteur de pousser plus loin et d'aller aux sources.

Volumes parus de février à mai 1892.

SECTION DE L'INGÉNIEUR.

Gouilly (A.), Ingénieur civil, Répétiteur à l'École Centrale. — *Transmission de la force motrice par air comprimé ou raréfié.*

Picou (R.-V.), Ingénieur des Arts et Manufactures. — *Distribution de l'Electricité par installations isolées.*

Duquesnay, Directeur des Manufactures de l'État. — *Résistance des matériaux.*

Dwelshauvers-Dery, Ingénieur, Professeur à l'Université de Liége. — *Etude expérimentale calorimétrique de la machine à vapeur.*

Magnier de la Source (le Dr L.), Chimiste-expert. — *Analyse des vins.*

Madamet (A.), Directeur des constructions navales. — *Tiroirs et distributeurs de vapeur. Appareils de mise en marche et de changement de marche.*

Witz (Aimé), Docteur ès sciences, Professeur à la Faculté Catholique de Lille. — *Thermodynamique à l'usage des Ingénieurs.*

Picou (R.-V.), Ingénieur des Arts et Manufactures. — *Distribution de l'Electricité par usines centrales.*

SECTION DU BIOLOGISTE.

Faisans (Léon), Médecin de l'hôpital Tenon. — *Maladies des organes respiratoires. Méthodes d'exploration. Signes physiques.*

Magnan, Médecin de l'asile Sainte-Anne, et **Sérieux**, Médecin-adjoint des Asiles de la Seine. — *Le délire chronique à évolution systématique.*

Auvard, Accoucheur des Hôpitaux de Paris. — *Séméiologie génitale de la femme.*

Weiss (G.), Ingénieur des Ponts et Chaussées, Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris. — *Technique d'Électrophysiologie.*

Bazy, Chirurgien des Hôpitaux de Paris. — *Maladies des voies urinaires. Moyens d'exploration et de traitement.*

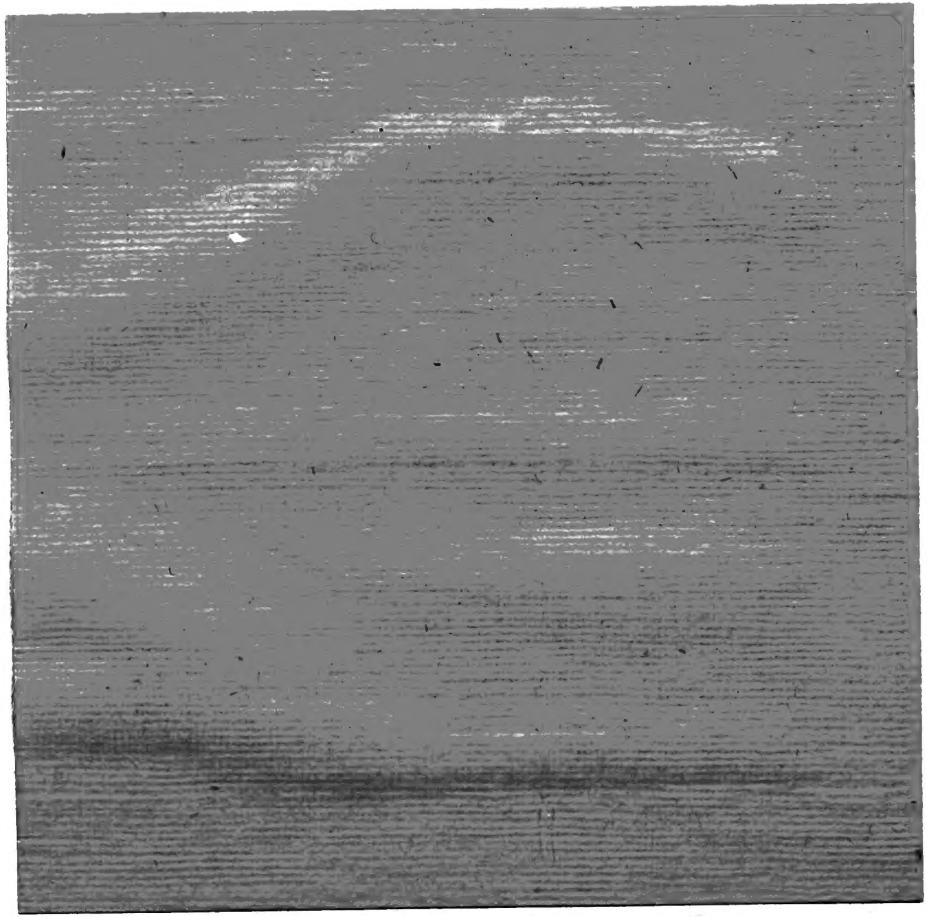
Wurtz, Chef du laboratoire de Pathologie expérimentale à la Faculté de Médecine de Paris. — *Technique bactériologique.*

Laveran, Professeur d'hygiène militaire à l'École d'application de Médecine et de Pharmacie militaires. — *Paludisme.*

Féré, Médecin de l'Hospice de Bicêtre. — *Épilepsie.*

*On peut également se procurer les volumes de l'***Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire** *à la Société Belge de Librairie, rue Treurenberg, 16, à Bruxelles, et dans les principales librairies de Belgique.*

Imp. Polleunis & Ceuterick, rue des Ursulines 37



AMNH LIBRARY
100226231